Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 34, No. 1, pp. 327-344, January 2006

نحو تفعيل دور الحاسب الآلي في مجال تصميم الصوتيات المعمارية

Towards Reactivating the Role of Computer Aided Architectural Acoustics Design (CAAAD)

أحمد عمر محمد سيد مصطفى
أستاذ مساعد، كلية العمارة والتخطيط، جامعة الملك سعود

ملخص البحث: إن واقعنا الحالي وما نشهده من تطور متزايد ومستمر في تقنيات وتطبيقات الحاسب الآلي في جميع المجالات بصورة عامة وفي مجالات الصوتيات و التحكم الصوتي بصورة خاصة يفرض على المعمارى أهمية الاستفادة من هذه التقنيات والتطبيقات وتكاملها مع مراحل وأنشطة العمل التصميمي لتحقيق متطلبات الراحة الصوتية -كماً ونوعاً- على مستوى جميع أنماط المباني، و في جميع الفراغات المعمارية التي يقوم بتصميمها، وهذا يتطلب منه أن يكون على وعى وإلمام بمفاهيم الصوتيات المعمارية وبالتطورات الحديثة في تقنيات وتطبيقات الحاسب الآلي من جهة، وأن يكون لديه القدرة والمهارة على توظيفها بكفاءة منذ المراحل الأولى للعمل التصميمي من جهة أخرى.
وعلى ذلك فإن هذا البحث، من خلال اعتماده على منهجي الاستقراء والتحليل، يتناول جوانب الأنشطة التصميمية المرتبطة بمجالات "الصوتيات والتحكم الصوتي للفراغات المعمارية" خلال عملية التصميم المعماري من جهة، و"تقنيات الحاسب الآلي"في هذا المجال من جهة ثانية، وإمكانيات تنفيذ الأنشطة التصميمية باستخدام تقنيات الحاسب الآلي من جهة ثالثة بهدف إظهار أهمية تحقيق التكامل بين هذه الجوانب وتأكيد دورها في تفعيل دعم الحاسب الآلي لتصميم الصوتيات المعمارية.
إن النتائج المستهدفة من هذا البحث يمكن أن تسهم بدور هام في تطوير كفاءة العملية التصميمية، وتحسين جودة المنتج التصميمي، وزيادة معارف المعماري المرتبطة بمجال الصوتيات المعمارية والتقنيات الرقمية لتطبيقها، كما ستؤدي إلى تحسين عملية التواصل بين المعماري والجهات المشاركة في العمل التصميمي.

١ـ المقدمة: إشكالية البحث وفرضياته، الأهداف والأهمية البحثية، منهج وبنية البحث

إن مجال الصوتيات أو علم دراسة الصوت من المجالات متداخلة ومتعددة التخصصات... فإلى جانب علوم الصوتيات المعمارية التي تعني بدراسة الأداء الصوتي والراحة الصوتية في الفراغات المعمارية العامة أوالمتخصصة هناك العديد من المجالات الأخرى المعنية بعلم الصوتيات[١]. من المنظور العلمي يمكن تعريف الصوت بطرق مختلفة: فمن منظور الطاقة يمكن تعريفه بأنه "توليد وانتقال واستقبال الطاقة في صورة موجات ترددية" [١]، أو "طريقة تمرير الطاقة من خلال الهواء أو أي وسط آخر على شكل موجات ضغطية" [٢]. ومن منظور الاهتزازات الحادثة فهو "اهتزاز في وسط يسبب لنا الإحساس بالسمع" [٣]،

[١] مجال الصوتيات الطبية مثل استخدام الصوت في تفتيت حصوات الكلي وفي قتل الخلايا السرطانية دون جراحة، والصوتيات البحرية مثل السونار وحساب الأعماق والتطبيقات الحربية، والصوتيات الكهربائية مثل تصميم الأجهزة الصوتية المختلفة، والصوتيات الموسيقية الأجهزة الموسيقية، والصوتيات النفسية تأثيرات الصوت على الحالة النفسية، الصوتيات الفيزيائية دراسة طبيعة الصوت وتأثيراته المادية وطرق التحكم فيه، الصوتيات الميكانيكية دراسة التأثير والتحكم والعزل الصوتي للأجهزة والنظم الميكانيكية مثل تكييف الهواء والمصاعد و المولدات وغيرها، والصوتيات الرقمية مثل الدراسات الرقمية للصوت في مجال علوم الحاسب الآلي

ومن منظور الضغط يمكن تعريفه بأنه " تباين في الضغط -في الهواء أو الماء أو أي وسط آخر- يمكن لأذن الإنسان ان تلتقطه" [٤].
وتعتبر الصوتيات المعمارية من المجالات المهمة التي يجب اعتبارها خلال عملية التصميم المعماري لتحقيق الراحة الصوتية من خلال هدفين رئيسين: يعنى الأول بتوصيل الصوت للمستمع بالمستوى الكافي والنوعية الجيدة، بينما يعنى الثاني بتقليل الضجيج وتأثيراته السلبية على الفراغات والأنشطة التي تتم فيها وعلى مستخدميها.
وقد زادت أهمية الدراسات الصوتية للمشروعات مختلفة الأنماط مع التزايد المستمر في معدلات الضجيج في حياتنا اليومية بصورة عامة، كما زادت الأبحاث التي تؤكد أن الضجيج قد يساهم في تكوين بيئات غير آمنة لمستخدميها ويكون له تأثير سلبي ليس على الراحة الصوتية فقط، ولكن على جوانب الصحة والسلامة الشخصية للأفراد بصورة عامة، وبالتالي على مستوى وجودة أدائهم للأنشطة المقترحة داخل الفراغات المعمارية. وهو ما دعا العديد من البلدان لوضع ضوابط ونظم ترتبط بتحقيق الحدود المقبولة للراحة الصوتية وتقليل معدلات الضجيج التي تنفذ إلى الفراغات المعمارية من جهة، وتتداخل مع الفراغات العمرانية الخارجية من جهة أخرى، وتؤثر على مستخدمي هذه الفراغات بصور مختلفة.

١-١ الإشكالية والفرضية البحثية

رغم التطورات المتزايدة والمتسارعة في مجالات وتقنيات الحاسب عموما وانعكاسها على تطوير التطبيقات المرتبطة بالصوتيات المعمارية، ومع التطور الموازي الحادث في اتجاهات تحقيق الراحة الصوتية في المباني، إلا أن الملاحظ عدم تفعيل دور الحاسب الآلي والإمكانيات المتاحة لتقنياته وأدواته في مجال الصوتيات لدعم المعماري بالصورة المأمولة خلال مراحل العمل التصميمي، ولعل هذا ما يمثل إشكالية بحثية تستحق الدراسة.

ويتضح مردود هذه الإشكالية في عدد من المستويات المهنية والبحثية والتعليمية:

- فعلى المستوى المهنى يتضح مردودها في عدم انتشار استخدام وتوظيف تطبيقات الحاسب الآلي المرتبطة بالصوتيات المعمارية بواسطة المعماريين، خلال المراحل المختلفة لعملية التصميم المعماري، بالرغم من توافر العديد من نوعيات التطبيقات والبرامج مختلفة الإمكانيات في هذا المجال.
- وعلى المستوى البحثي يتضح مردودها في أن أغلب الأبحاث التي تتعرض لتطبيقات وتقنيات الحاسب في مجال الصوتيات المعمارية -حتى وقتنا الحاضر- تركز على استعراض وتحليل جوانب التطبيقات المرتبطة بتصميم أنماط مخصصة من المباني مثل المسارح ودور العرض وقاعات الأوبرا، ومع أهمية ذلك إلا أنه يجب على المعماري أيضاً مراعاة تحقيق متطلبات الراحة الصوتية -كماً ونوعاً- للفراغات المختلفة على مستوى جميع أنماط المباني التي يشارك في تصميمها.
- بينما يتضح مردودها على المستوى التعليمي الأكاديمي في الانفصال الحادث –في أغلب الأحوال- بين الدراسات النظرية لمجال الصوتيات والتقنيات المرتبطة بها وبين التطبيق الفعلى لها في مشروعات أو استوديوهات التصميم.

ويفترض البحث أن التحليل الواعي لكل من الأنشطة التصميمية وتقنيات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية والتعرف على إمكانيات وجوانب دعم هذه التقنيات للمعماري خلال عملية التصميم، قد يسهم في تحديد أسباب الإشكالية البحثية، ورصد إمكانيات تحقيق التكامل بين الأنشطة التصميمية وتقنيات الحاسب الآلي في هذا المجال بالصورة المأمولة.

١-٢ الأهـداف والأهمية البحثية

وعلى هذا فإن هذا البحث يهدف إلى **"تفعيل دور الحاسب الآلي في مجال الصوتيات والتحكم الصوتي للفراغات المعمارية خلال عملية التصميم المعماري"** من خلال إظهار أهمية تحقيق التكامل بين الجوانب المرتبطة بمفاهيم وأنشطة وتقنيات الصوتيات المعمارية وتأكيد دورها في تحقيق هذا الهدف.

يمكن من خلال هدف البحث الرئيسي تحديد عدد من الأهداف الفرعية التالية:

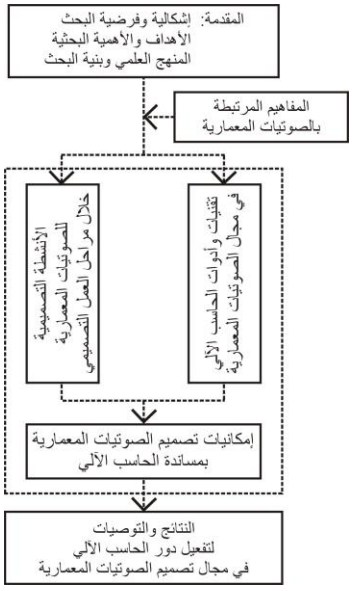
- التأكيد على أهمية إلمام المعماري بالمفاهيم والمتغيرات الأساسية المرتبطة بالصوتيات المعمارية واعتبارها خلال مراحل العملية التصميمية.
- تحليل الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات خلال مراحل العملية التصميمية.
- تصنيف وتحليل تقنيات وأدوات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية.
- بحث إمكانيات دعم تقنيات الحاسب الآلي وتطبيقاته للمعماري في تطبيق الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات المعمارية.

إن تفعيل دور الحاسب في مجال الصوتيات المعمارية واستخدامه بواسطة المعماري في مراحل التصميم المختلفة وتحقيق الفهم الواعي لمتغيرات الصوتيات المعمارية والراحة الصوتية –كماً ونوعاً- للمنتج التصميمي سوف يؤدى إلى تطوير وتحسين كفاءة العملية التصميمية ورفع جودة المنتج التصميمي، وإلى زيادة معارف المعماري والجهات المشاركة في العمل التصميمي المرتبطة بمجالات الأنشطة التصميمية وتقنيات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية، كما يمكنه أن يسهم في تحسين العلاقة بين الاستشاريين المتخصصين في مجال الصوتيات المعمارية وبين المعماري من خلال فهمه لمتغيرات صوتيات الفراغات المعمارية، واستخدام تقنيات الحاسب وتطبيقها للوصول إلى حلول أولية جيدة تتوافق مع متطلبات التصميم المعماري في مراحل التصميم المختلفة، ومن ثم الاعتماد على هؤلاء الاستشاريين المتخصصين وخبراتهم في تطوير هذه الحلول والوصول بالتصميم إلى مستوى الجودة والكفاءة المطلوبة.

١-٣ المنهج العلمي ومحاور وبنية البحث

ينتهج البحث منهجي الاستقراء والتحليل، اعتماداً على الدراسات النظرية والممارسة العملية لتطبيقات الحاسب الآلي، وصولاً إلى النتائج والتوصيات المستهدفة. ومن واقع إشكالية البحث وفرضيته وأهدافه يمكن تحديد بنيته ارتكازاً على ثلاثة محاور أساسية كالتالي:

- المحور الأول يرتبط برصد وتحليل الأنشطة التصميمية للصوتيات المعمارية خلال مراحل العمل التصميمي، والتي يجب على المعماري تحليلها ودراستها لتحقيق الراحة الصوتية كماً ونوعاً.
- المحور الثاني يرتبط بتصنيف وتحليل تقنيات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية.
- بينما يرتبط المحور الثالث ببحث ومناقشة أوجه دعم تقنيات وتطبيقات الحاسب الآلي للمعماري في تطبيق الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات رقمياً بكفاءة خلال عملية التصميم المعماري.



الشكل رقم (١). أجزاء وبنية البحث

وعلى هذا يمكن تقسيم متن البحث إلى ثلاثة أجزاء رئيسية يمثل كل منها محوراً من المحاور السابقة ويتم التمهيد لها بنبذة عن مفاهيم الصوتيات المعمارية، ويختتم البحث بالنتائج والتوصيات طبقاً لأهدافه. ويوضح الشكل رقم (١) أجزاء وبنية البحث.

٢- التمهيد: مفاهيم الصوتيات المعمارية

من المهم للمعماري قبل التفكير في استخدامه لتقنيات وأدوات الحاسب الآلي في أي مجال أن يكون على علم وإدراك جيد بالمفاهيم الأساسية المرتبطة بهذا المجال حتى يمكنه استخدام وتوظيف هذه الأدوات والتقنيات بكفاءة. ففي مجال الصوتيات المعمارية يجب على المعماري أن يكون على وعي ودراية بالمفاهيم الرئيسية لمجال الصوتيات المعمارية ولديه المهارات المرتبطة باستخدام الحاسب الآلي في هذا المجال. ويمكن تصنيف هذه المفاهيم إلى جزأين: الأول يمثل المتغيرات المرتبطة بطبيعة الصوت وسلوكه والتحكم الصوتي في الفراغات المعمارية، والثاني يمثل متغيرات الفراغات المعمارية المؤثرة على تصميم الصوتيات، ويمكن إيجاز المفاهيم المرتبطة بكل جزء في التالي:

٢-١ مفاهيم الصوت وسلوكه والتحكم الصوتي:

- **طبيعة الصوت:** توليد الصوت ونطاقات التردد "الأوكتاف" للموجات الصوتية، مستويات ومقاييس الصوت المختلفة، تأثير ضغط الصوت على عناصر الفراغ أو المبنى عند ترددات معينة وإمكانيات التحكم فيه.
- **انتشار الصوت ومساره في الفراغات المعمارية:** ويرتبط ذلك بانعكاس الصوت وانكساره وحيوده ومناطق الظل الصوتي في الفراغات المعمارية، حيث يمكن بدراسة انعكاس الصوت على الأسطح مختلفة الشكل والتشطيب الاستفادة من الانعكاسات المفيدة ومعالجة الانعكاسات الضارة بطرق مختلف.
- **التحكم الصوتي في الفراغات المعمارية**: تشتمل على التحكم في مسار الموجات الصوتية داخل الفراغات المعمارية، تغيير مسار الصوت، العزل والامتصاص للموجات الصوتية وزمن ترديد الصوت الذي يرتبط بعاملين رئيسيين هما حجم الفراغ وكمية المواد الماصة فيه.
- **التحكم في الضوضاء داخل الفراغات المعمارية:** يمكن تصنيف وسائل التحكم في الضوضاء غالباً إلى ثلاثة وسائل [٥]: التحكم المباشر في متغيرات ونوعيات مصادر الضوضاء (تكون على درجة من الصعوبة لارتباطها بجوانب اقتصادية)، التحكم في متغيرات مسار الصوت الناتج عن الضوضاء، والتحكم في متغيرات فراغ استقبال الضوضاء والمستقبل له.

٢-٢ متغيرات الفراغات المعمارية المؤثرة على الصوتيات:

- **نوع وطبيعة النشاط الذي يتم في الفراغ:** حيث تختلف المتطلبات الصوتية والدلائل الإرشادية المرتبطة بها طبقاً لنوعية النشاط المقترحة في الفراغ.
- **حجم الفراغ:** حيث يكون الصوت المباشر قوياً وواضحاً في الفراغات صغيرة الحجم، وتتناقص قوته في الفراغات الكبيرة في النقاط البعيدة عن مصدر الصوت ويؤثر ذلك على تحديد المتغيرات الأخرى للفراغ.
- **الشكل الهندسي للفراغ:** حيث يؤثر تشكيل أرضيات وحوائط وأسقف الفراغات بالإضافة إلى الأسطح الرأسية والحواجز الصوتية في إمكانيات التحكم في وتوجيه الموجات الصوتية بطرق مختلفة بعيداً عن أو باتجاه المناطق المختلفة في الفراغ طبقاً للمطلوب من حيث تقوية أو توهين الصوت طبقاً للمطلوب.

- **أنماط وخصائص المواد المستخدمة وتفاصيل تثبيتها**: وتلعب دوراً مهماً في تحديد الخصائص الصوتية وإمكانيات التحكم الصوتي، حيث يؤثر كل من نمط ونوعية المواد المستخدمة في الإنشاء والتشطيب، ونمط ونوعية الأثاث المستخدم وأسلوب توزيعه، وتفاصيل التنفيذ وعلاقات العناصر بعضها ببعض.
- **نوعية الأجهزة والنظم المستخدمة في الفراغ**: يجب على المعماري أن يكون ملماً بتأثير الأجهزة المستخدمة في الفراغ المعماري والنظم الهندسية المتكاملة معه على الخصائص الصوتية للفراغ: فالأجهزة المستخدمة قد يؤثر بعضها في الفراغ أو المبنى إجمالاً(مثل المعدات التي تسبب الاهتزازات)، وينتج عنها مستويات مختلفة من الضجيج يجب اعتبارها خلال مراحل التصميم، كما أن النظم الهندسية المتكاملة مع الفراغ المعماري مثل الإضاءة والتكييف تؤثر أيضاً في خصائصه الصوتية، ومثال ذلك التداخل بين احتياجات ومتطلبات نظم الإضاءة والتحكم الصوتي للفراغات، فعادة ما يتم تثبيت نظم الإضاءة المعمارية في أسقف الفراغات إما مباشرة وإما متكاملة مع السقف المعلق الذي يعتبر أحد عناصر التحكم الصوتي وبالتالي يؤثر ذلك على المساحات المتاحة بالأسقف لتحقيق متطلبات التحكم الصوتي وبالتالي على الخصائص الصوتية للفراغ.

٣- الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات خلال مراحل التصميم المعماري

يعد تحقيق الراحة الصوتية -كماً ونوعاً- من أهم أهداف التصميم الصوتي [٣]،[٤]. وبالرغم من التطور الكبير في استخدام الأنظمة والأجهزة الصوتية في التصميم الصوتي إلا أنه يجب على المعماري دراسة النشاط الذي سيتم في الفراغ وفهم الخصائص الصوتية المثالية له، ومن ثم توظيف المتغيرات المرتبطة بمكوناته وعناصر التصميم المعماري اللازمة لتحقيق هذه الخصائص، وترك قرار الإعتماد على أو استخدام الأنظمة والأجهزة الصوتية ليتخذ بواسطة استشاري الصوتيات في مرحلة لاحقة طبقاً للموقف التصميمي ومتطلباته.

يمكن القول إن عملية التصميم المعماري بمعناها الواسع قد تمتد بالتوازي مع مراحل دورة حياة أي نمط من أنماط المباني على مراحل زمنية متعاقبة تبدأ بمرحلة ما قبل التصميم وجمع وتحليل المعلومات التصميمية مروراً بمراحل التصميم الأولى وتطوير التصميم، والمستندات التنفيذية والطرح والترسية ثم مراحل التنفيذ والتسليم والتشغيل والصيانة، وتنتهي بمرحلة تقييم ما بعد الاستخدام التي يتم توظيف نتائجها وتوصياتها كمدخلات للمشروعات المماثلة في عمليات تصميمية تالية. وحيث أنه غالباً ما تتركز أغلب الأنشطة التصميمية خلال المراحل الثلاثة الأولى من هذه العملية، فسيتم اعتبار هذه المراحل أساساً لتحليل الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات المعمارية والتي تمثل المحور الأول من محاور هذا البحث.

٣-١ مرحلة ما قبل التصميم

تشتمل مرحلة ما قبل التصميم على العديد من الأنشطة التي يتداخل فيها استشاريون من مجالات أخرى مثل أنشطة دراسات الجدوى، ودراسات السوق، وإعداد البرنامج المعماري. ولكن يمكن إيجاز أهم الأنشطة المرتبطة بالصوتيات المعمارية في هذه المرحلة في التالي:

- **جمع المعلومات والبيانات المطلوبة للتصميم الصوتي:** مثل مواصفات ومقاييس وقيود الفراغات المعمارية، والمواد مختلفة الخصائص الصوتية التي ترتبط بنمط وطبيعة المشروع. وتقع هذه المعلومات والبيانات في مدى واسع من الصور: فيمكن أن تكون في صورة نصوص مكتوبة، جداول قياسية، رسومات ومخططات بيانية، أو منحنيات لتوضيح علاقات متغيرات الصوتيات ببعضها البعض. غالباً ما يتم توظيف هذه البيانات والمعلومات في مراحل التصميم اللاحقة لدعم

المعماري في الوصول لحلول أولية –بطريقة تقليدية- دون استخدام المعادلات والحسابات المعقدة التي لا يفضلها أغلب المعماريين.

- **الإطلاع على وتحليل أمثلة مشابهة:** من الأنشطة المهمة التي تدعم وتساند المعماري في مراحل التصميم، حيث يتم اختيار النماذج والأمثلة الناجحة واستخدام أدوات تحليلية مختلفة للتعرف على مكوناتها، والإجرائيات التي تم اتخاذها في سبيل التوصل للحل أو البديل التصميمي المطلوب، والاستفادة من الخبرات السابقة المحتواة فيها. ويتم ذلك على مستويات متعددة فقد يكون على مستوى المشروعات المتكاملة، أو على مستوى الحلول الجزئية، أو على مستوى التفاصيل القياسية لمشكلات تصميمية مشابهة في مجال التصميم الصوتي.
- **استكشاف الخصائص الصوتية والطبيعية لموقع المشروع:** ويتم في هذا النشاط تحديد مناطق الإزعاج والضجيج الحالية والمتوقعة واستخدام الأجهزة المختلفة لقياس مستوياته. كما يتم أيضاً استكشاف الخصائص الطبيعية للموقع مثل المعلومات المرتبطة بمتغيرات المناخ وطبوغرافية الموقع وما حوله وغيرها من العوامل المؤثرة على طبيعة الصوت وسلوكه في موقع المشروع وبالتالي على متغيرات فراغات التصميم المقترح.

٣-٢ مرحلة التصميم الأولي

تشتمل مرحلة التصميم الأولى على الأنشطة التصميمية الرئيسية التي تؤدى لظهور الأفكار والبدائل التصميمية للمشروع محل الدراسة وترجمتها من أفكار وصور ذهنية في عقل المعماري إلى اسكتشات ورسومات يمكن عرضها ومناقشتها وتطويرها. ويمكن إيجاز أهم الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات المعمارية خلال هذه المرحلة في التالي:

- **التصنيف الصوتي لفراغات المشروع:** حيث يتم التحديد الأولي للفراغات الهادئة وتلك المسببة للضجيج في المبنى نفسه مثل غرف الغلايات والمولدات والتكييف والماكينات وغيرها، كما يتم تحديد الأصوات ومستويات الضوضاء المتوقعة من الفراغات المعمارية المختلفة طبقا للوظائف المحددة لها والأجهزة والأنشطة التي ستتم بها.
- **فصل مناطق وفراغات المبنى:** ويتم ذلك طبقاً للتصنيف السابق مع مراعاة تحقيق التكامل بين عملية فصل المناطق والفراغات طبقاً لخصائصها الصوتية مع المتطلبات المعمارية لعلاقات الفراغات مع بعضها البعض. قد يتم الفصل بإبعاد الفراغات المسببة للضجيج عن تلك التي تتطلب درجات مختلفة من الهدوء، أو باستخدام العوازل الصوتية المختلفة ويتوقف اختيار الأسلوب المناسب لمعالجة مثل هذه الحالات على أولويات اعتبارات التصميم المعماري المرتبطة بذلك.
- **حساب مستوى العزل الصوتي المطلوب لكل فراغ:** أحد طرق الحساب التقليدية لحساب هذا المستوى تتم بطرح قيمتي مستوى ضجيج الخلفية الموصى به ومستوى الضجيج المتوقع في كل فراغ من الفراغات على مستوى كل دور من أدوار المبنى، والاستفادة من عناصر ومكونات الفراغات المختلفة للمبنى في عمل حواجز لتوهين أو تقليل الضجيج بالفراغات.
- **اختيار الشكل الهندسي للفراغات المختلفة:** ويراعى في ذلك مدى ملاءمة الشكل المقترح لطبيعة النشاط بالفراغ، ومدى تأثير الشكل على طبيعة ومسار الصوت داخله.
- **اقتراح المواد المستخدمة في كل جزء من مكونات فراغات المشروع:** ويعتمد ذلك على نتائج دراسة الخصائص الصوتية المطلوبة لهذه الفراغات من حيث العزل والانعكاسات الصوتية وزمن الترديد المطلوب، وعلى مستوى ضجيج الخلفية المسموح به، وعلى العوامل الأخرى المطلوبة لتحقيق وضوح الصوت وتقليل الضجيج وآثاره السلبية في كل فراغ.

٣-٣ مرحلة تطوير التصميم

تأتي مرحلة تطوير التصميم بعد اعتماد المالك أو ممثله لأحد البدائل المقترحة في المرحلة السابقة، وتتميز هذه المرحلة ببدء تداخل التخصصات الاستشارية الأخرى مع المعماري لمراجعة وتدقيق متغيرات التصميم المرتبطة بالنظم الهندسية المختلفة المؤثرة في جوانب الصوتيات المعمارية، واعتبار تفاصيل مكونات وعناصر الفراغات المختلفة، واختيار المواد ذات الخصائص المناسبة لكل جزء منها. ويمكن إيجاز أهم الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات المعمارية خلال هذه المرحلة في التالي:

- **مراجعة مكونات فراغات المشروع والخصائص الصوتية المطلوبة لها:** وغالباً ما تشتمل عملية المراجعة المطلوبة على العديد من الأنشطة والمهام مثل مراجعة مقاسات وحجم الفراغات والتشكيل الهندسي لها، ومراجعة ومسارات الصوت بهذه الفراغات والمساحات الماصة والعاكسة فيها لتوهين أو تقوية الصوت أو لتحقيق زمن ترديد في الحدود المفضلة لكل فراغ من فراغات المبنى المختلفة، والتأكد من تجنب التأثيرات والظواهر الصوتية غير المرغوبة مثل الصدي والرنين والموجات الواقفة.
- **مراجعة نوعيات الحوائط والفتحات (النوافذ والأبواب):** يتم ذلك في الغالب باستخدام المنحنيات والجداول الإرشادية والكتالوجات المحتوية على الخصائص الصوتية للمواد المستخدمة في هذه العناصر بحيث يتم التأكد من تحقيقها لمستوى العزل المطلوب للفراغ.
- **دراسة تفاصيل تركيب وعلاقات العناصر ببعضها البعض:** بحيث لا يحدث أي تسرب للموجات الصوتية أو يكون هناك ممرات للصوت حول مناطق الإتصال بين العناصر مثل التفاصيل التي توضح علاقة الحوائط وبعضها أو علاقة الحوائط بالأبواب أو النوافذ، والتفاصيل التي توضح تثبيت وحدات الإضاءة في الأسقف المعلقة بحيث لا يحدث تسرب صوتي من خلال مساحات الإتصال بين السقف المعلق وبين وحدات الإضاءة [٦].
- **مراجعة عناصر فرش الفراغات المختلفة من حيث التوزيع والمواد:** يعتبر حسن توزيع عناصر الفرش من المفاهيم الأساسية التي يمكن أن تسهم في تحقيق أعلى كفاءة للتوزيع الصوتي، كما أن المواد المستخدمة لهذه العناصر تؤثر في سلوك الصوت عند اصطدامه بها بالامتصاص أو الانعكاس مما يؤثر بدوره على الخصائص الصوتية للفراغ.
- **مراجعة مناسيب ضغط الصوت المتوقعة في الفراغات:** وذلك باستخدام الأجهزة والوسائل المناسبة وخاصة الأصوات الناتجة عن الأجهزة ونظم التكييف، ومن ثم يتم التأكد من أن تكون في الحدود الموصى والمسموح بها باستخدام الجداول والبيانات والمنحنيات التي تم تجميعها في مرحلة ما قبل التصميم.
- **دراسة تفاصيل تثبيت الآلات والمعدات:** وبخاصة التي ينتج عنها اهتزازات أو أصوات صدمية أو أي مصادر مشابهة بحيث يتم احتواء تأثيراتها المختلفة في الخصائص الصوتية لفراغات المشروع.

٤- تقنيات وتطبيقات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية

من خلال ما تم طرحه وتحليله من الأنشطة المرتبطة بالصوتيات المعمارية في الجزء السابق، يتم في هذا الجزء، والذي يمثل المحور الثاني من محاور البحث، تصنيف وتحليل أهم تقنيات وأدوات الحاسب الآلي التي تستخدم في مجال الصوتيات المعمارية. يمكن تصنيف النوعيات المختلفة لبرامج وتطبيقات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية إلى قسمين رئيسيين [٧]:

- الأول يركز على صوتيات الفراغات الداخلية، وهو المجال الذي يتعرض له هذا البحث، وهو بدوره ينقسم إلى قسمين فمنها ما يهتم بالفراغات ذات الحجم الصغير مثل Acoustic X ومنها ما يهتم بالفراغات الكبيرة مثل برامج DAAD, Odeon & CATT.
- الثاني يركز على صوتيات الفراغات الخارجية مثل برامج Cadna & Sound Plan.

أغلب هذه التطبيقات يتميز بدرجات مختلفة من التعقيد التي قد تصل إلى صعوبة التعامل مع واجهات التطبيق الخاصة به من جهة، كما أن أغلبها أيضاً غير متوافق أو متكامل مع البرامج التصميمية التي يستخدمها المعماري. وبالتالي توجد دائماً فجوة رقمية بين هذين النمطين من التطبيقات بما قد يؤثر سلباًعلى كفاءة الأداء، كما أن أغلب محتويات قواعد البيانات التي تعتمد عليها هذه التطبيقات تتميز بعدم توافق محتوياتها في أغلب الأحوال مع ما يرتبط ببيئات العمل في المنطقة العربية مثل كود ومقاييس البناء، والمواد المحلية المستخدمة في مجال الصوتيات، وتفاصيل علاقات تركيب المواد ببعضها البعض.

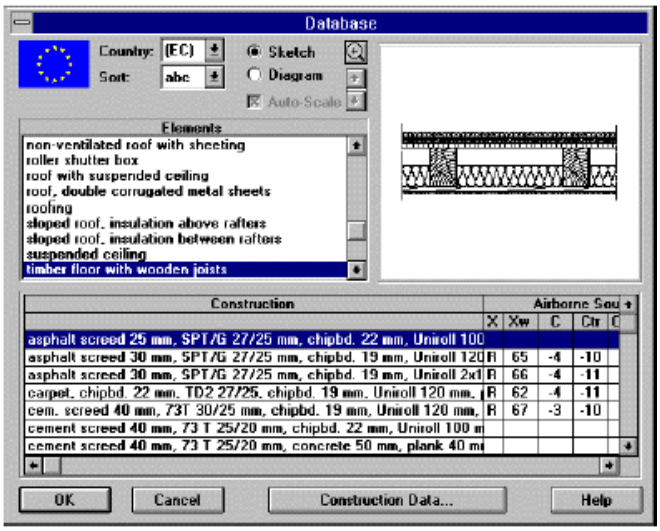
تشتمل تطبيقات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية على العديد من الأدوات والتقنيات التي تستخدم لأداء الأنشطة التصميمية والتحليلية المختلفة في هذا المجال. ومع أن هذه الأدوات والتقنيات تعمل متكاملة مع بعضها البعض، إلا أنه لهدف التحليل والدراسة سيتم فصلها وتصنيفها إلى أقسام من أهمها التالي:

٤-١ تقنيات إدارة القواعد الرقمية للصوتيات المعمارية

من أوائل التقنيات التي استخدمت في الستينيات ومرت بمراحل عديدة من التطورات مما أدى إلى زيادة إمكانياتها وقدراتها بصورة كبيرة. من أمثلة هذه القواعد ما يتصل بكود ومقاييس الصوتيات التي يجب الالتزام بها خلال مراحل العمل التصميمي، ومنها ما يرتبط بمستوى ومنحنيات الضجيج المسموح بها في الترددات المختلفة، ومنحنيات تصنيف الضجيج، ومنحنيات معايير الضرر نتيجة التعرض للأصوات العالية خلال فترات زمنية محددة. وتعتبر إدارة القواعد الرقمية للمصادر الصوتية ومستويات الأصوات النمطية في فراغات أنماط المباني المختلفة على قدر كبير من الأهمية في مجال الصوتيات المعمارية حيث يتم توظيفها بصور مختلفة وبالتكامل مع تقنيات أخرى لتوفير إمكانية توليف مصادر صوتية ذات خصائص مختلفة في الفراغات التي يتم تصميميها أو تقييمها.

وتعتبر القواعد الرقمية المحتوية على أمثلة ومشروعات سابقة ناجحة في مجال الصوتيات لمشروعات متكاملة من المصادر المهمة للمعماري في مراحل التصميم المختلفة حيث يمكنه، من خلالها، الاستفادة من خبرات المتخصصين السابقة في نوعيات المشكلات التصميمية الحالية التي يتناولها. ويمكن البحث في مثل هذه القواعد بطرق ووسائل مختلفة سواء على مستوى نوعيات المشاريع، أو أنماط الفراغات مختلفة الخصائص الصوتية، أو على مستوى المشكلات الجزئية داخل الفراغ، أو على مستوى التفاصيل القياسية لعلاقات عناصر ومكونات الفراغ.

أيضاً تربط هذه القواعد الرقمية بين المواد وخصائصها الصوتية من حيث الامتصاص والعزل وخلافه في مجالات الأوكتافات المختلفة لكل مادة وفي ارتباطها بقانون الكتلة والترددات الحرجة للمواد المستخدمة في المباني، ومقدار التوهين الحادث في الصوت نتيجة للحواجز المختلفة، وتفاصيل تركيب العناصر مع بعضها مثل ما يتضح في الشكل رقم (٢). وتشتمل أيضاً على المقاسات المفضلة للفراغات المعمارية المختلفة في حدود مختلف الترددات، العلاقة بين حجم الغرفة وكمية الامتصاص وزمن الترديد، زمن الترديد المثالي في الفراغات المعمارية المختلفة.



الشكل رقم (٢). مثال لقواعد الصوتيات الرقمية لمكونات الفراغ
في أحد البرامج (Bastian) [٨]

وترتبط الإشكالية الرئيسية لاستخدام هذه التقنيات في بيئات العمل العربية بعدم تكامل محتوى القواعد الرقمية، وعدم توافق مكوناتها مع احتياجات ومتطلبات وقيود السوق العربية من جهة، وبعدم توافر قواعد رقمية عربية شاملة لهذه الاحتياجات والمتطلبات من جهة أخرى.

٤-٢ تقنيات القياس والتحليل

تطورت أجهزة قياس وتحليل الصوتيات بصورة كبيرة مع التطور المتسارع في مجال أجهزة قياس الصوتيات وانتقالها من تقنيات المشابهة analogue إلى التقنيات الرقمية Digital حيث صغر حجم الأجهزة بصورة كبيرة وقلت أسعارها وفي نفس الوقت زادت إمكانياتها وقدراتها على أداء العديد من الوظائف والتحاليل المرتبطة بالصوتيات بيسر وسهولة، كما توفرت إمكانيات نقل المعلومات إلى الحاسب الآلي واستكمال توظيف هذه البيانات والتحليلات وإظهارها للمستخدم بأساليب وطرق مختلفة خلال عملية التصميم ومنها أجهزة قياس وتحليل مستوى الصوت، و أجهزة تحليل مباشر لمتغيرات الصوت في الفراغات المعمارية، ويوضح الشكل رقم (٣) أحد النظم المستخدمة في هذا المجال.

الشكل رقم (٣). أحد نظم الصوتيات
المعتمدة على التقنيات الرقمية

٤-٣ تقنيات النمذجة والتوصيف الفراغي

يمكن باستخدام أدوات مختلفة لتقنيات النمذجة والتوصيف الفراغي إعداد نماذج افتراضية ثلاثية الأبعاد 3D Virtual Models لتوصيف أرضيات وحوائط وأسقف الفراغات المعمارية، وأيضاً الفتحات (أبواب ونوافذ) وعناصر الفرش المختلفة. ومع توافر هذه التقنيات في أغلب التطبيقات المتاحة إلا أن إمكانياتها تختلف ما بين تطبيق وآخر، كما تختلف وسائل تجهيز النماذج ما بين الأدوات المباشرة بالتطبيق أو البرنامج نفسه لإعداد مثل هذه النماذج، أو توفير إمكانية قبوله وإدخاله من برامج أخرى عن طريق ملف وسيط مثل ملفات DXF. ويوضح الشكل رقم (٤) أحد أمثلة النماذج الإفتراضية ثلاثية الأبعاد.

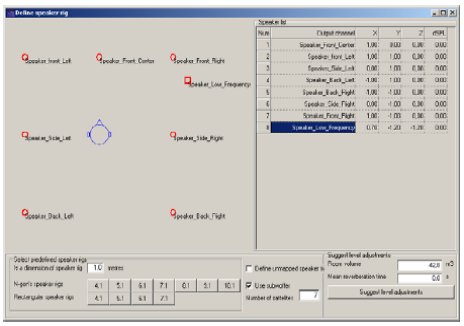
الشكل رقم (٤). مثال لأحد النماذج الافتراضية ثلاثية الأبعاد التي تم إعدادها باستخدام أحد البرامج-(CATT-A) [٩]

غالباً ما يتم تقسيم أجزاء النماذج الافتراضية التي يتم إعدادها للصوتيات المعمارية إلى ثلاثة أقسام تشتمل على المصدر والمستقبل والوسط الذي ينتقل فيه الصوت: يعتمد المصدر الافتراضي للصوت المتوقع في الفراغ على نمذجة المصدر الصوتي نفسه (من واقع ما تم الإشارة إليه في تقنية إدارة القواعد الرقمية للصوتيات) بتوليف المصدر الصوتي وتحديد إتجاهه، ويعتمد الوسط الافتراضي الذي سينتقل فيه الصوت على نمذجة الفراغ المعماري من حيث الشكل الهندسي والمواد والفرش والنظم والأجهزة المستخدمة، بينما تعتمد عملية نمذجة المستقبل للصوت على تحديد موقعه في الفراغ الذي يتم دراسته.

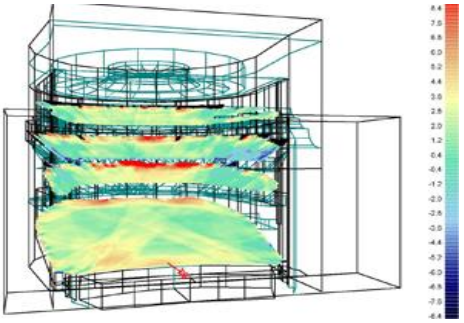
٤-٤ تقنيات المحاكاة والتنبؤ

تعتمد هذه التقنيات على دراسة التوزيع المكاني للطاقة الصوتية والتوزيع الزمني لها في الفراغات المعمارية. والمحاكاة قد تكون مرئية أو مسموعة وتعتمد على طرق حسابية أو إحصائية لدراسة المتغيرات المرتبطة بمكوناتها، فالطرق الحسابية بعضها يرتبط بالموجات الصوتية، والبعض الآخر يرتبط بالأشعة الصوتية مثل طريقة تتبع الأشعة، أو نموذج الصور التخيلية لمصدر الصوت، أو اعتماداً على سلوك الجزيئات الصوتية، والطرق الإحصائية مثل التي تستخدم في حساب معامل الترديد للفراغات المختلفة [١٠]،[١١].

يمكن للمصمم باستخدام وبتوظيف مثل هذه التقنيات أداء العديد من المهام التي لم يكن في الإمكان تنفيذها بالطرق التقليدية. فعلى سبيل المثال يمكن، بعد إعداد النموذج الافتراضي ثلاثي الأبعاد، أن يتم اختيار أي موقع في الفراغ واختيار أي مصدر صوتي (نوعه وموقعه)، ومن ثم محاكاة تأثير هذا المصدر الصوتي عند نقطة الاستماع التي تم اختيارها باستخدام أساليب مختلفة، ويتضح، في الشكل رقم (٥)، مثال لإمكانيات المحاكاة السمعية للصوت وإمكانيات الإعدادات المختلفة لتحقيقها. وقد يتم تمثيل وإظهار المحاكاة باستخدام الرسومات البيانية أو إظهار الأرقام أو الألوان بدرجات مختلفة في النموذج الرقمي بحيث يمثل كل رقم أو كل درجة من درجات الألوان خصائص الصوت المختلفة مثل الشدة أو الوضوح، كما يتضح من الشكل رقم (٦) والذي يوضح أحد نتائج تقنيات المحاكاة المرئية والتنبؤ بمدى وضوح الصوت الصادر من مصدر محدد عند جميع المقاعد في مبنى الأوبرا في كوبنهاجن.



الشكل رقم (٥). مثال لإمكانيات المحاكاة السمعية للصوت في أحد التطبيقات (ODEON) لتحقيق صوت محيطي باستخدام سماعات متعددة القنوات [١٢]



الشكل رقم (٦). أحد نتائج تقنيات المحاكاة المرئية والتنبؤ بمدى وضوح الصوت الصادر من مصدر محدد عند جميع المقاعد في مبنى الأوبرا في كوبنهاجن [١١]

٤-٥ تقنيات المشاهدة والتفاعل

تمثل تقنيات الحقيقة الافتراضية Virtual Reality أهم تقنيات المشاهدة والتفاعل التي تم تطوير أدواتها في الآونة الأخيرة بصورة كبيرة والتي يتوقع أن يكون لها دوراً كبيراً في هذا المجال، ومن هنا حرصت العديد من الجامعات والمدارس المعمارية العريقة على توفير وتطوير هذه التقنيات لخدمة بيئات التعليم المعماري بها عموماً. وفي مجال الصوتيات اتجهت تلك الجامعات إلى توظيف الإمكانيات المختلفة لهذه التقنيات في "تجسيد" المفاهيم والخصائص الصوتية وتيسير فهم أبعادها وتأثيراتها عند المواقف التصميمية المختلفة، بحيث يمكن بعد إعداد النموذج الإفتراضي للفراغ بكل عناصره أن يتجول المستخدم بداخله ورؤية وسماع مستويات الصوت مختلفة المصادر والإحساس بتأثيراتها وبالتالي تقييم كفاءة الصوتيات للفراغات المعمارية قبل تنفيذها فعليا. والإشكالية المرتبطة بهذه التقنيات ترتبط بعوامل اقتصادية في أغلب الأحيان نتيجة احتياجها لنظم متطورة ولأجهزة ذات مواصفات عالية لإجراء الحسابات وإظهار النتائج بصورة سريعة مما جعلها غير متاحة في المجال المهني بصورة كبيرة.

٤-٦ تقنيات التحكم الصوتي

يعتمد التحكم الصوتي في الفراغات إما على استخدام أجهزة ونظم الكترونية رقمية، يتوفر العديد منها في المجال العملي، وهي خارج نطاق البحث، أو على دراسة مكونات وحجم الفراغ وتفاصيل وعلاقات وخصائص عناصره وهو ما يركز عليه هذا البحث بحيث يمكن من خلال توظيف مثل هذه التقنيات تحديد عناصر ومكونات الفراغ التي تمكن المعماري من التحكم في قوة ومستوى الصوت، وزمن الترديد الصوتي، والمجالات الصوتية المختلفة لتحقيق الخصائص المطلوبة للتصميم الصوتي.

يعتمد التحكم الصوتي المستهدف في مجال البحث على عدد من التقنيات المساعدة مثل القواعد الرقمية للصوتيات سواء لتفاصيل وعلاقات العناصر وخصائصها الصوتية، أو للأمثلة والحلول السابقة المشابهة التي نجحت في تحقيق التحكم الصوتي بحيث يمكن تعديل وتوليف أحد الحلول التصميمية السابقة بصورة تحقق مناسبتها للموقف التصميمي الذي يتم دراسته، كما يعتمد أيضاً على تقنيات المحاكاة والتنبؤ وذلك بتغيير مكونات أو خصائص عناصر معينة في الفراغ ورؤية أو سماع تأثير ذلك مباشرة حتى يمكن تحقيق الراحة الصوتية وتجنب الظواهر التي تؤدي إلى تشويه الصوت ونقص وضوحه في فراغات المنتج المعماري إلى جانب تحقيق إمكانيات تقليل الضجيج وتأثيراته السلبية على الفراغ ومستخدميه.

٥- إمكانيات دعم تقنيات الحاسب للمصمم خلال عملية تصميم الصوتيات المعمارية

من واقع ما تم استعراضه وتحليله في المحاور السابقة للبحث من مفاهيم الصوت وسلوكه والتحكم الصوتي، ومفاهيم ومتغيرات الفراغات المعمارية، ومتغيرات الأنشطة التصميمية المطلوبة خلال عملية تصميم الصوتيات المعمارية، وتقنيات الحاسب الآلي في هذا المجال، يركز الجزء التالي من البحث على رصد وتلخيص جوانب دعم الحاسب الآلي للمعماري في تطبيق المفاهيم والمتغيرات والأنشطة التصميمية المرتبطة بهذه المحاور وإمكانيات تحقيق التكامل بينها بهدف تفعيل الدور الذي يمكن للحاسب أن يقوم به في هذا المجال.

وفي هذا السياق يجب التأكيد على أنه بالرغم من الإمكانيات الكبيرة المتاحة في مجال تقنيات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات إلا أن تحقيق التصميم المثالي للصوتيات المعمارية ليس بالهدف اليسير أو السهل لأن تقييم كفاءة الصوتيات المعمارية ترتبط بمتغيرات موضوعية محددة يمكن قياسها، وبمتغيرات غير موضوعية تعتمد على طبيعة المستقبل للصوت وإمكانياته السمعية. ومن هنا فإن تفعيل دور الحاسب في هذا المجال يكون من ضمن أهدافه تحسين العلاقة بين الاستشاريين المتخصصين في مجال الصوتيات المعمارية وبين المعماري من خلال فهمه لمتغيرات صوتيات الفراغات المعمارية واستخدام تقنيات الحاسب لتطبيقها والوصول إلى حلول أولية جيدة تتوافق مع متطلبات التصميم المعماري في مراحل التصميم المختلفة، ومن ثم الاعتماد على هؤلاء المتخصصين وخبراتهم في تطوير هذه الحلول والوصول بالتصميم إلى مستوى الجودة والكفاءة المطلوبة.

يمكن القول إن أدوات وتقنيات الحاسب الآلي يمكنها دعم المعماري في تنفيذ الأنشطة التصميمية في كافة مراحل العملية التصميمية بدءاً من مرحلة ما قبل التصميم ووضع البرنامج المعماري مروراً بمراحل التصميم الأولي وتطوير التصميم والمستندات التنفيذية، ومراحل الطرح والترسية والتنفيذ والتسليم، وانتهاءً بمراحل التشغيل والصيانة وتقييم ما بعد الاستخدام. وكما سبق مناقشته في المحور الثاني للبحث فسوف يتم التركيز على أوجه دعم الحاسب للمعماري في المراحل الثلاثة الأولى للعملية التصميمية: ما قبل التصميم، التصميم الأولى، وتطوير التصميم كالتالي:

٥-١ التطبيق الرقمي للأنشطة التصميمية في مرحلة ما قبل التصميم

يمكن دعم الأنشطة التصميمية في مجال الصوتيات المعمارية في هذه المرحلة بتقنيات وأدوات متعددة مثل التالي:

- الأنشطة المرتبطة بعملية جمع وتحليل المعلومات: يمكن للمعماري الحصول على المعلومات الرقمية المرتبطة بموضع التصميم من مصادر متعددة مثل المواقع المتخصصة على الإنترنت، والمكتبات والكتب والمجلات الرقمية المتخصصة، والأقراص المدمجة المرتبطة بمجال المشروع وهي متاحة في مجالات متعددة. وفي مجال تنظيم وتحليل المعلومات واسترجاعها فإن دعم تقنيات الحاسب الآلي للمصمم تعتمد بصورة كبيرة على التطبيق الذي يتم توظيفه وعلى مدى مهارات المستخدم في توظيف تقنياته لتنفيذ الأنشطة المختلفة.
- وفي مجال الإطلاع على وتحليل الأمثلة المشابهة فتعتبر تقنيات إدارة القواعد المعرفية الرقمية من أكفأ التقنيات التي تساند المعماري في هذا المجال وخاصة في حالة توفير هذه التقنيات لإمكانيات البحث بطرق ومداخل متعددة للوصول إلى المثال المطلوب، وتوفير أدوات لتوليف الحلول والبدائل من واقع حلول جزئية محتواه داخل هذه القواعد.

- كما أن أنشطة ومهام استكشاف الموقع وخصائصه المختلفة المؤثرة على التصميم الصوتي يمكن دعمها بتوظيف واستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والخرائط الرقمية الحصول على وتحليل متغيرات الموقع الطبيعية وغيرها من المتغيرات المؤثرة على الصوت. وقد سبق الإشارة إلى تقنيات الحسابات والتحليل ودورها في استكشاف وتحديد مناطق الإزعاج والضجيج الحالية والمتوقعة بموقع المشروع وتوفير إمكانيات نقل نتائجها إلى الحاسبات الآلية لاستكمال توظيف هذه البيانات والتحليلات خلال عملية التصميم المعماري.

٥-٢ التطبيق الرقمي للأنشطة التصميمية في مرحلة التصميم الأولي

تظهر أوجه كثيرة لدعم تقنيات الحاسب لتطبيق المفاهيم والمتغيرات والأنشطة المرتبطة بمرحلة التصميم الأولى منها التالي:

- يمكن لتقنيات إدارة المعلومات الرقمية دعم أنشطة تصنيف فراغات المبنى من ناحية الصوتيات إلى أنماط مختلفة في حالة تغذية مثل هذه التقنيات بفراغات الأنماط المختلفة من المباني وخصائصها الصوتية بحيث يمكنها تنفيذ هذا التصنيف وتحديدالأصوات المتوقعة بها بمجرد إدخال اسم الفراغ.
- كما أن هناك عدداً من التطبيقات التي تدعم عملية دراسة العلاقات لهذه الفراغات التي يتم فيها إدخال القيم المقترحة لقوة أو ضعف العلاقة بين الفراغات المختلفة ومن ثم يمكن لهذه البرامج، بناءً على ذلك، بإعداد بدائل أولية مختلفة لتوزيع الفراغات بمساحاتها المحددة. وتكمن الإشكالية هنا في عدم انتشار أو التوسع في استخدام مثل هذه التقنيات في التطبيقات المختلفة المرتبطة بالعمل التصميمي.
- أما بخصوص تحديد مناسيب ضجيج الخلفية الموصى به والمتوقعة في كل فراغ فيمكن لتقنيات الحاسب ربط القيم الموصى بها لضجيج الخلفية لكل فراغ من فراغات المبنى بنتائج تحليل مناسيب الضجيج المتوقعة في الجهات المختلفة للمبنى التي تمت بواسطة أجهزة القياس في المراحل الأولي لجمع المعلومات ومن ثم يمكن باستخدام القواعد الرقمية لبيانات مستويات العزل الصوتي المطلوبة لكل فراغ من فراغات المبنى اقتراح بدائل لتوهين الضجيج ومنع أو تقليل دخوله للفراغات من خلال أحد الوسائل الثلاثة السابق ذكرها في طرح المفاهيم المرتبطة بالتحكم في الضجيج بحيث يمكن للمعماري الاختيار بينها بناء على الموقف التصميمي والإمكانيات المتاحة للحل التصميمي.
- بينما تبدو أوجه دعم الحاسب واضحة في مجال اختيار الشكل الهندسي للفراغات المختلفة من خلال توظيف قواعد البيانات والمعلومات الرقمية التي تم تغذيتها بالأشكال المناسبة لنوعيات الفراغات المختلفة توفر للمعماري فرصة الاختيار من بينها، وإجراء تعديلات عليها أو تجميع خصائص أكثر من شكل ليصل للشكل النهائي المناسب للفراغ من النواحي التصميمية والصوتية معاً.

٥-٣ التطبيق الرقمي للأنشطة التصميمية في مرحلة تطوير التصميم

أما في مرحلة تطوير التصميم التي تعتمد أنشطته بصورة كبيرة على تدقيق ومراجعة الحسابات فلا شك أن الحاسب الآلي بما يتميز به من سرعة ودقة في هذا المجال تزداد إمكانيات دعمه لتحقيق وتنفيذ هذه الأنشطة مثل التالي:

- يمكن بسهولة دعم الحاسب الآلي لعملية مراجعة وتدقيق متغيرات التصميم المؤثرة في جوانب الصوتيات المعمارية واعتبار التفاصيل المختلفة واختيار المواد لعناصر المبنى من خلال العديد من تطبيقات إعداد النماذج ثلاثية الأبعاد للنموذج التصميمي.
- باستخدام تقنيات القواعد الرقمية يمكن تغذية النماذج التصميمية ثلاثية الأبعاد بالخصائص الصوتية المختلفة سواء تلك المرتبطة بمقاسات الفراغات ومسارات الصوت، وحجم الفراغات والتشكيل

الهندسي لها تمهيداً لاستخدام تقنيات المحاكاة ودراسة الخصائص الصوتية لهذه الفراغات الافتراضية.

- كما يمكن من خلال توظيف القواعد الرقمية المرتبطة بمثل هذه التطبيقات اختيار نوعيات المواد لعناصر ومكونات الفراغ مثل الحوائط والنوافذ والأبواب والتفاصيل المناسبة، ومن ثم يمكن تطبيق تقنيات المحاكاة لجميع الأنشطة التصميمية المرتبطة بمجال الصوتيات المعمارية ومساندة المعماري في اتخاذ القرارات التصميمية المرتبطة بكل منها بكفاءة وفي أقل وقت ممكن، وبالتالي يمكن التعرف مسبقاً على الخواص الصوتية للفراغات وتقييمها وتجنب أو تصحيح الأخطاء الناتجة قبل التنفيذ الفعلى للتصميم.
- من أهم الإشكاليات المرتبطة بتوظيف إمكانيات التقنيات الرقمية للحاسب في هذه المرحلة عدم التوافق، في أغلب الأحيان، بين التطبيقات المختلفة من حيث عملية تبادل وتشارك الملفات الرقمية بينها. فعلى سبيل المثال فإن النتائج التي يتم الحصول عليها من التطبيقات المستخدمة في مجال الصوتيات المعمارية مثل شكل الفراغ والتفاصيل المختلفة لعلاقات تركيب عناصره يفترض أن يتم استخدام الملفات الخاصة بها كمدخلات في التطبيقات في مجال التصميم المعماري، ولكن يعوق ذلك مشكلة عدم التوافق السابق ذكرها.

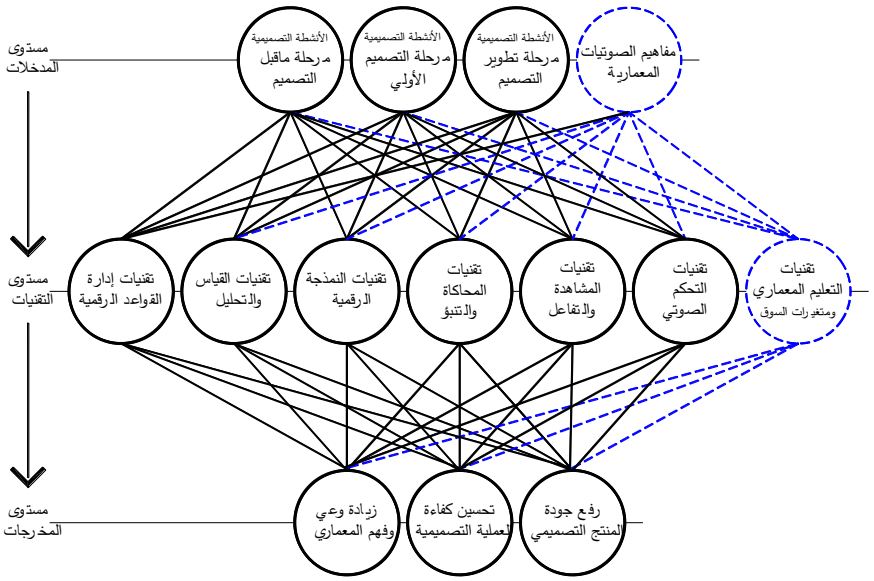
٦- النتائج والتوصيات

أكدت أجزاء البحث بمحاورها المختلفة أهمية تحقيق التكامل بين الجوانب المرتبطة بمفاهيم وأنشطة وتقنيات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات المعمارية وأهمية ذلك في تفعيل دور الحاسب الآلي في مجال تصميم الصوتيات المعمارية، وتحقيق الفوائد المتوقعة في هذا المجال من حيث تطوير أداء وكفاءة العملية التصميمية ورفع جودة المنتج التصميمي وزيادة فهم ووعي المعماري بذلك. تم التمهيد لمتن البحث بالمفاهيم الرئيسية التي يجب على المعماري أن يكون ملماً بها ومدركاً لتأثيراتها خلال عملية تصميم الصوتيات المعمارية، وتناول المحور الأول تحليل الأنشطة التصميمية المرتبطة بالصوتيات خلال ثلاث مراحل من مراحل العملية التصميمية، ثم استعرض المحور الثاني تقنيات وتطبيقات الحاسب الآلي في هذا المجال، ومن ثم تم توضيح إمكانيات التطبيق الرقمي للمهام والأعمال المرتبطة بهذه الأنشطة في المحور الثالث لدعم المعماري في تصميم الصوتيات خلال عملية التصميم المعماري.

٦-١ النتائج

- إن تفعيل دور الحاسب واستخدام المصمم المعماري لتقنياته وأدواته المختلفة في مجال الصوتيات المعمارية لا يهدف إلى الاستغناء عن الاستشاريين والمتخصصين في مجال الصوتيات المعمارية، ولكن إلى التوصل لحلول أولية تتوافق مع متطلبات التصميم المعماري في مراحل التصميم المختلفة ومن ثم الاعتماد على هؤلاء الاستشاريين في مجال الصوتيات في تحسين وتطوير هذه الحلول والوصول بالتصميم إلى مستوى الجودة والكفاءة المطلوبة.
- إن من أهم العوامل المساعدة في تفعيل دور الحاسب الآلي وتوظيفه بكفاءة من قبل المعماري أن يكون على علم وإدراك جيد بالمفاهيم الأساسية المرتبطة بكل من مجالي "الصوتيات المعمارية" و"تقنيات الحاسب" وأن يكتسب المهارات والقدرات اللازمة لتوظيف هذه الأدوات والتقنيات بكفاءة خلال مراحل العمل التصميمي.

- إن إشكاليات التطبيق الرقمي لتقنيات الحاسب الآلي المرتبطة بالصوتيات المعمارية تكمن بعض أسبابها في زيادة درجة تعقيد واجهات التطبيق الخاصة بالتطبيقات المتاحة وصعوبة التعامل معها بالنسبة للمعماري، وعدم تكامل هذه التطبيقات مع تطبيقات التصميم المعماري، كما ترتبط هذه الإشكاليات، في محيط الدول العربية، بعدم توافق محتويات القواعد الرقمية للصوتيات المعمارية في أغلب الأحوال مع ما يرتبط ببيئات العمل في هذه المنطقة مثل كود البناء والمقاييس، والمواد المحلية المستخدمة في مجال الصوتيات، وتفاصيل علاقات تركيب المواد ببعضها البعض.
- من واقع ما تم رصده وتحليله في الأجزاء السابقة للبحث، يمكننا تناول النتائج المستخلصة بصورة تحاكي "الشبكات العصبية" لإظهار أهمية تحقيق التكامل بين الجوانب التي تم طرحها وتأكيد دورها في تفعيل دور الحاسب الآلي في مجال تصميم الصوتيات المعمارية كما يتضح من الشكل رقم (٧).



الشكل رقم (٧). محاكاة الشبكات العصبية متعددة الارتباط في تناول أجزاء ونتائج البحث وإظهار أهمية التكامل بين كل منها في تحقيق أهدافه وفوائده المتوقعة

٦-٢ التوصيات

- إن التطور الكبير والمتسارع الحادث في مجال تقنيات الحاسب الآلي وتطبيقاته، يجب أن ينعكس إيجاباً في مجال العملية التعليمية وتدريس مفاهيم وتطبيقات الصوتيات المعمارية وخاصة مع إمكانيات توظيف التقنيات الرقمية المختلفة في "تجسيد" المفاهيم والخصائص الصوتية وتيسير فهم أبعادها وتأثيراتها عند المواقف التصميمية المختلفة وبحيث يؤدي إلى تطوير مهارات التعامل مع تقنيات الحاسب الآلي وأدواته المختلفة في هذا المجال.
- التركيز على دور الجامعات والمعاهد المتخصصة في زيادة وعي المعماريين بدورهم المهم في مجال التحكم الصوتي في مجال العمران بصفة عامة والعمارة على وجه الخصوص جهة، والتعريف بتقنيات الحاسب الآلي التي يمكن توظيفها في هذا المجال من جهة أخرى، ويتطلب ذلك العديد من الإجرائيات منها التالي:

- تجهيز وتطوير مراكز ومعامل الحاسب الآلي بالجامعات وتزويدها بالتطبيقات المختلفة التي تدعم العمل المعماري خلال مراحل التصميم المختلفة.
- تصميم/ تطوير مناهج الصوتيات المعمارية الحديثة التي تحقق التكامل بين مفاهيم الصوتيات وتقنيات الحاسب الآلي المستخدمة في مجالها.
- تدريب الطلاب وزيادة مهاراتهم المكتسبة في التطبيق الفعلى لهذه التقنيات في استوديوهات التصميم المعماري خلال مراحل العملية الأكاديمية لربط المفاهيم النظرية بالتطبيق الفعلى لها.
- التأكيد على تطبيق استخدام هذه البرامج والتطبيقات في استوديوهات التصميم وإظهار تأثير ذلك على المنتج التصميمي ومعالجاته لتحقيق الراحة الصوتية.

- دعم اتجاهات تطبيق التقنيات الهادفة إلى تحسين الأداء الصوتي للمباني وتقليل مستويات الضجيج العامة المؤثرة عليها، وتشجيع الأبحاث الهادفة إلى التوعية بالمفهوم العام عن الصوتيات والتحكم الصوتي داخل المباني ليشمل الجوانب المرتبطة بتحسين الراحة الصوتية لفراغات المباني من منظور شامل.
- التأكيد على أهمية التفاعل المباشر والمستمر بين منتجي البرامج ومطوريها وبين الفئات المختلفة للمستخدمين الفعليين لها خلال مراحل التطوير والاختبار وما بعد الاستخدام الفعلي لمثل هذه التطبيقات، وأهمية تحقيق التكامل لتطبيقات الحاسب الآلي في مجال الصوتيات والنظم الهندسية الأخرى مع تطبيقاته في مجال التصميم المعماري بحيث لايضيع وقت المعماري في تحويل ومعالجة الملفات المطلوبة للدراسة بين التطبيقات وبعضها البعض.
- تشجيع وتيسير الإعلان عن كل جديد من مواد وتقنيات في مجال الصوتيات المعمارية من خلال الجهات المختلفة المرتبطة بذلك لتعريف كل من الأكاديميين والمهنيين والمهتمين بإمكانياته ودوره في تطوير العمليات المرتبطة بتصميم وتنفيذ الصوتيات المعمارية.
- ضرورة توحيد الجهود على المستوى الإقليمي للدول العربية لبناء قواعد رقمية موحدة للصوتيات المعمارية ومشاركة جميع المهتمين من متخصصين ومصنعين وموزعين للأجهزة والنظم والمواد أو التقنيات المرتبطة بهذا المجال للتغلب على المعوقات المرتبطة بتفعيل دور التقنيات بالصورة المطلوبة.

٧- المراجع

٧-١ الكتب والأبحاث

[١] Kinsler L.E., Frey A.R., Coppens A.B., Sanders J.V.: **Fundamentals of Acoustics**, 3rd edition, John Wiley, and Sons, 1982.

[٢] عبيد، هاني، **الصوتيات للمهندسين المعماريين**: التصميم الصوتي للمباني والقاعات، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، لبنان، ١٩٩٦.

[٣] حماد، رزق نمر شعبان، **الهندسة الصوتية في العمارة**، دار حنين للنشر، عمان، الأردن، ١٩٩٦

[٤] عبيد، محمد عبد الفتاح، **أسس تصميم صوتيات العمارة**، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ١٩٩٩.

[٥] Cowan, James, **Architectural Acoustics**: Design Guide, McGraw-Hill book company, USA, 2000.

[٦] Phillips, Derek, Lighting in Architectural Design, Mc Graw-Hill, 1964.

[٧] Ozis, Feridun and Ozgur, Enis, **3D Modeling and Acoustic Simulation of Large Rooms**, First International Conference "From Scientific Computing to Computational Engineering", Athens, 8-10 September, 2004

[٨] Grünzweig + Hartmann AG**, BASTIAN**: Building Acoustic Planning System, 1998

[٩] Brown Pat, **Predicting Acoustic Performance with CATT-A,** Synergic Audio Concepts, 2004

[١٠] رضوان، مجدي محمد وعبد المحسن، لبنى عبد اللطيف، **عرض للإستخدامات المتقدمة للكمبيوتر في الصوتيات المعمارية**، سجل أبحاث المؤتمر العالمي الأول لاستخدام الحاسب الآلي في التصميم المعماري، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، ٢٠٠٤

[١١] Jens Holger Rindel , **The acoustics in new opera houses** based on DTU's research, , Acoustic Technology, Ørsted• DTU, Contribution to DTU's anniversary publication 2004, http://www.oersted.dtu.dk/personal/jhr/jhr_dtuanniversary.html

[١٢] Jacobsen, Finn, Acoustic Technology Annual Report 2004, Ørsted DTU-Technical University of Denmark, February 2005

٧-٢ مواقع وروابط على شبكة الانترنت

1 Acoustics FAQ, http://www.faqs.org/faqs/physics-faq/acoustics/

2 Acoustics.org-Acoustical Software, http://www.acoustics.org/software.html

3 Acoustics Software, http://forum.studiotips.com/viewtopic.php?t=151

4 Acoustics Education and Projects, http://www.acoustics.com/

5 Canadian Building Digest, http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/cbd

Towards Reactivating the Role of Computer Aided Architectural Acoustics Design (CAAAD)

Ahmed Omar Mohamed Sayed Mostafa
Assist. Professor, College of Architectural and Planning
King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia
ahmedoms@ksu.edu.sa

The accelerating and continuous development in the field of digital computer techniques and applications affects all aspects of our life including Architectural Acoustics. The Architect has to effectively benefit from these techniques and applications and integrate them into the design process to reach good acoustic solutions in all parts and types of his designs. This, in turn, requires the architect to be aware of acoustics' concepts and latest related computer techniques and to have suitable skills and abilities that could be effectively used from the very early stages of the design process.

This paper, through inductive and analytical techniques, will explore aspects of design activities related to room acoustics and sound control, computer techniques related to architectural acoustics, and possibilities of executing design activities with computer techniques. It aims to show the importance of integrating these aspects in reactivating the role of Computer Aided Architectural Acoustics Design (CAAAD).

The prospected objective will share an important role in developing design process efficiency, improving design product quality, increasing the architect knowledge related to this field and reinforcing communication between the architect and other design related parties during design process.