علم الفلك والفيزياء
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 20 نوفمبر 2023
doi: 10.3389/frym.2022.804634-ar

دراسة الأصوات داخل الفصول الدراسية

Stephen Dance [1*] **و *Eric Ballestero*** [2*]
[1]كلية البيئة العمرانية والعمارة، جامعة لندن ساوث بانك، لندن، المملكة المتحدة
[2]مختبر الصوتيات، جامعة لومان، لومان، فرنسا

سنتناول في هذه المقال الصوت، لا سيما كيف يسمح لنا الصوت بالتواصل في الفصل المدرسي وكيف يتسنى لنا تحسين ذلك النوع من التواصل. وسنتعلم كيفية قياس الصوت وكيف يتمكن الأشخاص الذين يُطلق عليهم مهندسو الصوت من مساعدة المهندسين المعماريين والمصممين للتأكد من أن الفصول المدرسية ليست صاخبة أكثر من اللازم أو هادئة أكثر من اللازم. ولدينا كذلك بعض التجارب التي يمكنك إجراءها لقياس الأصوات في المنزل أو في المدرسة أو في ملعب كرة القدم.

علم الصوت

علم الصوتيات -أو علم الصوت- هو علم ربما لم تسمع عنه كثيرًا أو لم تسمع عنه على الإطلاق. ويدفعنا هذا إلى التساؤل: لماذا لا يعرف الناس سوى القليل عن علم الصوت؟ ربما يرجع ذلك إلى أن الكثير منا يعتبر الصوت والسمع أمرًا مفروغًا منه. ولكن، تخيّل الحياة دون حاسة السمع! بلا موسيقى، ولا ضحك، ولا حديث، ولا غناء؟ وعندما تفكر في مدى اعتمادنا على الصوت، ستندهش من أن الكثير من الناس لم يسمعوا من قبل

المراجعون الصغار

SAINT BERNARD'S CATHOLIC HIGH SCHOOL
العمر: 11–13

علم الصوتيات (Acoustics)
الدراسة العلمية للصوت والاهتزاز.

عن علم الصوتيات! وبالطبع، يفتقر بعض الناس إلى القدرة على السمع. وقد تمكن مهندسو الصوت في الثلاثين عامًا الماضية من مساعدة مليون شخص في جميع أنحاء العالم على التغلب على صعوبات السمع باستخدام عمليات الزرع الإلكترونية، ومن مساعدة مئات الملايين من الأشخاص من خلال أجهزة تقوية السمع.

وأحد الأماكن التي يكون لعلم الصوتيات تأثير كبير فيه على وجه الخصوص هو الفصل المدرسي؛ فإذا لم تستطع التواصل، فكيف برأيك ستستطيع التعلّم!

التواصل الواضح

ما الغرض من الفصل المدرسي؟ إنه مكان يتيح للناس التعلّم من خلال الاستماع إلى المعلم والتحدث مع الطلاب الآخرين. فالفصول المدرسية أماكن نتواصل فيها مع الآخرين للمساعدة في زيادة معرفتنا وفهمنا للعالم من حولنا. غير أن تهيئة مكان يتيح لنا سهولة التواصل ليست بالبساطة التي قد تبدو عليها. فأحد احتياجات الطلاب في الفصل المدرسي تتمثل في القدرة على سماع المعلم وهو يتحدث دون أن يتشتت انتباههم بالأصوات الأخرى مثل صوت دردشة أصدقائهم أو صوت شاحنة تمر في الجوار أو مباراة كرة قدم تُلعب في الخارج [1–3].

نطلق على الصوت الذي يريد الشخص سماعه الإشارة. وفي المثال الذي ذكرناه، الإشارة هي المعلم الذي يتحدث [4]. ونطلق على جميع الأصوات الأخرى الضوضاء. وتشمل الضوضاء الأصوات المُشتتة للانتباه التي لا يريد الشخص سماعها. ولكي ينجح الفصل المدرسي في تحقيق الغرض منه، يحتاج الطلاب إلى سماع المزيد من الإشارة والقليل من الضوضاء. ونطلق على هذا نسبة الإشارة إلى الضوضاء، وهنا يأتي دور الهندسة الصوتية! فيمكن لمهندسي الصوت المساعدة في تصميم الفصول المدرسية لتقليل كمية الضوضاء المُشتتة القادمة من الخارج وللمساعدة في التعامل مع الضوضاء الصادرة عن الطلاب بالداخل. وغالبًا ما يُوظَّف مهندسو الصوت لتحسين طريقة بناء المدارس والتأكد من أنها مصنوعة من أفضل المواد لضمان أن يكون الاتصال واضحًا قدر الإمكان. كما يقدم مهندسو الصوت إرشادات للبناة والمهندسين المعماريين. ويساعد العمل الذي يضطلع به مهندسو الصوت على توفير مكان مريح للتعلّم، يسمع الطلاب فيه ما يقوله معلموهم.[1]

علم الصوتيات

يُقاس الصوت بوحدة تُسمى الديسيبل (dB). ويتضمن الصوت رياضيات غير عادية لأنه يُقاس على مقياس لوغاريتمي. ويمكننا أن نستخدم مقياس لوغاريتمي آخر هو مقياس ريختر كمثال. يُستخدم مقياس ريختر لقياس الزلازل ويمتد من 0 إلى 10، في حين يمتد الديسيبل من مقياس 0 إلى 100. فمثلًا، سيهز زلزال بقوة 5 درجات منزلك وربما يهدم جدار الحديقة. ولا يعُد الزلزال الذي تبلغ قوته 6 درجات أقوى قليلًا

الإشارة (Signal)

هي صوت مرغوب فيه يحمل معلومات.

الضوضاء (Noise)

هي صوت غير مرغوب فيه.

نسبة الإشارة إلى الضوضاء (Signal-to-noise ratio)

هي مقارنة مستوى الصوت المرغوب فيه بمستوى الصوت غير المرغوب فيه. وتُعد النتيجة الإيجابية مفيدة لتوصيل المعلومات.

[1] ويمكنك الاطلاع على مزيد من المعلومات حول المبادئ التوجيهية الموحدة للمصممين هنا: https://www.gov.uk/government/publications/bb93-acoustic-design-of-schools-performance-standards.

الديسيبل (Decibels)

وحدة قياس الصوت، وعادةً ما تكون 0-100 ديسيبل.

فحسب، بل هو أقوى بعشر مرات من الزلزال الذي تبلغ قوته 5 درجات! فالزلزال الذي تبلغ قوته 6 درجات سيدمر منزلًا، والزلزال الذي تبلغ قوته 7 درجات (أقوى بعشر مرات من الزلزال الذي تبلغ قوته ست درجات) سيدمر بلدة، والزلزال الذي تبلغ قوته 8 درجات سيدمر مدينة، والزلزال الذي تبلغ قوته 9 درجات سيدمر بلدًا صغيرًا والزلزال الذي تبلغ قوته 10 درجات سيدمر بلدًا كبيرًا. وقد سجّل أكبر زلزال تم قياسه على الإطلاق 9.2 على مقياس ريختر!

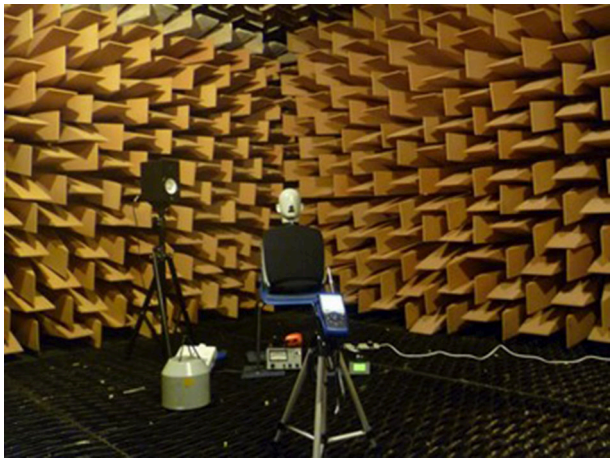
والآن، لنرجع إلى علم الصوتيات. يعمل مقياس ديسيبل بالطريقة نفسها، باستثناء أنه يمتد من 1 إلى 100.

يشير مصطلح «ديسيبل» إلى عدد الأضعاف بين الأرقام على مقياس لوغاريتمي، والتي تساوي 10. يبلغ أهدأ صوت يمكنك سماعه 0 ديسيبل، ولا يمكنك سماعه إلا في غرفة خاصة تُسمى غرفة كاتمة للصوت، مما يعني غرفة بدون صدى، وهي غرفة غريبة جدًا (شكل 1)[2] ويبلغ صوت همس الشخص حوالي 20 ديسيبل. في حين يبلغ صوت الشخص الذي يتحدث بهدوء 40 ديسيبل، وإذا كنت تدردش مع صديق، فمن المحتمل أن يصل صوتك إلى 60 ديسيبل. وعندما يتحدث المعلم إلى الفصل بأكمله، فربما يصل قياس صوته إلى 70 ديسيبل، ولكن إذا كان المعلم يصرخ، فسيبلغ صوته حوالي 80 ديسيبل.

الغرفة الكاتمة للصدى (Anechoic chamber)

هي غرفة بدون صدى تُصمم عن طريق تغطية كل الأسطح بمادة تمتص الصوت مثل الرغوة.

[2]شاهد مقطع فيديو هنا: https://www.youtube.com/watch?v=LQsz7SzmU8s&t=7s.



شكل 1

غرفة كاتمة للصدى، وهي غرفة خاصة ليس لها أصداء. لاحِظ الآلاف من أسافين الرغوة التي تمتص الصوت.

علم صوتيات الفصول المدرسية

ولا يمكننا قياس مدى ارتفاع الصوت فحسب، بل يمكننا أيضًا قياس مدى صدى الصوت في الغرفة. ويُقاس هذا بالثواني ويُسمى زمن الارتداد. ويُعرّف زمن الارتداد بأنه المدة الزمنية التي يستغرقها الصوت ليختفي تمامًا. فمثلًا، إذا عطست، ما المدة المُستغرقة قبل زوال صوت العطس بالكامل؟ يعتمد هذا على ما إذا كنت تعطس في حمام السباحة أم في صالة الألعاب الرياضية. ويبلغ زمن ارتداد الغرفة الكاتمة للصدى

زمن الارتداد (Reverberation time)

هو المدة الزمنية (بالثواني) التي يستغرقها الصوت قبل أن يكون غير مسموع. وعادةً ما ينشأ الصوت بواسطة صوت نبضي (انفجار بالون).

0 ثانية. وإليك تجربة بسيطة يمكنك تجربتها في المنزل أو المدرسة لتوضيح هذه النقطة. ستحتاج إلى بالون وقلم رصاص حاد لأن العطس ليس إشارة موثوقة للغاية!

أولًا، انفخ البالون واربط عقدة في الطرف بحيث يظل منفوخًا. وبعد ذلك، تأكد من أن كل من في الغرفة صامت تمامًا. والآن، فرقِع البالون باستخدام قلم رصاص. بووووم! وأثناء ذلك، ابدأ في العد أو استخدم مؤقتًا. في الفصل المدرسي العادي، سيستغرق الصوت حوالي ثانية واحدة ليختفي. والآن، كرّر التجربة في ردهة مدرستك أو ممر له صدى صوت أو صالة الألعاب الرياضية. قد تكتشف أن الصوت يستغرق وقتًا أطول ليختفي في المساحات الأكبر، خاصةً المساحات التي بها عدد أقل من السجاد أو الستائر أو الأثاث.

لذا، يختلف زمن الارتداد حسب مكان وجودك. ويهدف مهندسو الصوت إلى أن يكون زمن الارتداد في الفصول المدرسية الحديثة حوالي 0.8 ثانية (شكل 2). ويعني هذا أن أي أصوات ستختفي بعد 0.8 ثانية. وقد تكون للفصول المدرسية في المباني القديمة ذات الأسقف العالية زمن ارتداد أعلى لأنها أكثر صدى (شكل 3). وقد يكون من الأصعب سماع ما يقوله المعلم في هذه الأنواع من الأماكن.

شكل 2

شكل 2

فصل مدرسي حديث، يبلغ فيه زمن الارتداد عادةً حوالي 0.8 ثانية.

فعندما يكون زمن الارتداد في الغرفة مرتفعًا للغاية ويتردد صدى الصوت في الأنحاء ويُحدث الكثير من الضوضاء، قد تساعد إضافة المواد اللينة مثل الوسائد والسجاد والستائر في امتصاص الصوت. ويستخدم مهندسو الصوت رقمًا يُسمى معامل الامتصاص لوصف مدى امتصاص المواد للصوت. فالصخرة لها معامل امتصاص 0، والشيء الذي يمتص كل الأصوات تمامًا له معامل امتصاص 1.

معامل الامتصاص (Absorption coefficient)

هو خاصية مادية تصف مقدار الصوت المُمتص. ويتراوح بين 0 للمواد الصلبة (الرخام) و1 للمواد اللينة (الإسفنج).

شكل 3

شكل 3

فصل مدرسي في العصر الفيكتوري، يبلغ فيه زمن الارتداد حوالي 1.5 ثانية. وقد كان من الأصعب سماع المعلم في ذلك الوقت!

وللشباك المفتوح أيضًا معامل امتصاص 1، لأن الصوت يخرج من النافذة ولا يعود. معامل امتصاص الزجاج 0.03، والخشب حوالي 0.1، والوسائد 0.9[3].

ومع توافر المعلومات الصحيحة، يمكننا استنباط زمن ارتداد أي غرفة (زمن الارتداد = RT)، وذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$RT = \frac{0.16*V}{S\alpha}$$

V *هو حجم الغرفة (الحجم) بالمتر المكعب (م3)*. S هو الجدران والسقف والأرضية معًا، مُقاسة بالمتر المربع (م2) وα هو معامل الامتصاص للمادة المصنوعة منها الغرفة أيًا كانت.

تخيّل دفيئة مصنوعة بالكامل من الزجاج بطول 2 متر وعرض 2 متر وارتفاع 2 متر. سيكون حجم الدفيئة 2 × 2 × 2 = 8 م3. وستبلغ مساحة كل جدار وسقف وأرضية م 2 × 2 = 4م^2، وثمة أربع جدران، زائد أرضية واحدة، وسقف واحد. إذن S = 6 × 4 = 24م^2. ونعرف أن معامل امتصاص الزجاج 0.03.

لذا، تصبح المعادلة:

RT = 1.78 = 0.16x8/24x0.03

وبعبارةً أخرى، داخل غرفتنا الصغيرة المصنوعة بالكامل من الزجاج، يستمر أي صوت ضوضاء لمدة 1.78 ثانية.

بيد أن معظم الغرف أو المساحات الداخلية -في العالم الحقيقي- مصنوعة من الكثير من المواد المختلفة، طوب الجدران وزجاج النوافذ والستائر والسجاد والأثاث وحتى

[3] لمزيد من المعلومات، انظر: https://www.engineeringtoolbox.com/accoustic-sound-absorption-d_68.html.

الأشخاص. لذا، فإن حساب زمن الارتداد للمساحات الحقيقية يمكن أن يكون أصعب قليلاً!

عندما يكون لعلم الصوتيات أهمية كبيرة

لا تقتصر أهمية علم الصوتيات على الفصول المدرسية. بل يمتد تأثيرها إلى جميع الأشياء في عالمنا، بما في ذلك الرياضة. ففي نصف نهائي دوري أبطال أوروبا في عام 2011، عندما كان نادي أرسنال يلعب ضد نادي برشلونة، أطلق الحَكَم صافرته لجذب انتباه اللاعبين. غير أن روبن فان بيرسي تجاهل الحكم وركل الكرة باتجاه المرمى، وبعد ذلك طُرد من المباراة. وفي مقابلة أُجريت معه بعد المباراة، قال إنه لم يسمع الصافرة ولم يتوقع أن يسمع مثل هذا الصوت وسط الضوضاء الصادرة عن 90.000 مشجع صارخ. وربما إذا كان تصميم الملعب مُراعيًا لعلم الصوتيات، لكان اللاعب قد سمع الحكم ولم يُطرد من المباراة، أليس كذلك؟[4]

ما مدى صخب حشد من 90.000 شخص؟ إليك تجربة يمكنك إجراؤها لاكتشاف ذلك!

أولًا، أنت أو المعلّم ستحتاجان إلى تحميل تطبيق قياس الصوت على هاتف ذكي.[5]

ثم ستحتاج إلى تجميع 100 طالب في قاعة مدرستك، مع وقوف الشخص الذي يحمل الهاتف في المقدمة.

لنبدأ التجربة، مع تشغيل التطبيق، سيقف شخص في منتصف القاعة ويصرخ "مرحبًا!" وينبغي أن يكون جميع الأشخاص الآخرين هادئين. سيسجل التطبيق مدى ارتفاع الصوت بالديسيبل.

وبعد ذلك، سيقف 10 من زملاء الدراسة في وسط القاعة ويصرخون جميعًا "مرحبًا!" في الوقت نفسه. وينبغي أن يكون جميع الأشخاص الآخرين هادئين. سجّل النتيجة التي تحصل عليها من الهاتف الذكي.

وأخيرًا، يقف جميع زملاء الدراسة المائة ويصرخون جميعًا، "مرحبًا" في الوقت نفسه. سجّل النتائج التي تحصل عليها من الهاتف الذكي.

مع زيادة عدد الأشخاص الذين يصرخون، سترى زيادة في مستوى الصوت. سيُعادل صوت صراخ شخص واحد حوالي 80 ديسيبل وصراخ 10 أشخاص حوالي 90 ديسيبل وصراخ 100 شخص حوالي 100 ديسيبل. والآن، تخيّل زيادة هذا القدر من الصراخ بمقدار 10 مرات مرارًا وتكرارًا! هكذا سيكون صوت 100.000 من مشجعي كرة القدم!

[4] يمكنك مشاهدة فيديو لهذه اللحظة هنا: https://www.youtube.com./watch?v=pu537wHKyGc

[5] وتحقق أيضًا من هذه التطبيقات: www.studiosixdigital.com تطبيق للهواتف الذكية. 2021 www.Faberacoustical.com/تطبيق للهواتف الذكية 2021. https://apps.apple.com/us/app/splnfft-noise-meter/id20355396114/https://apps.apple.com/gbapp/decibel-x-db-sound-level-meter/id448155923.

فهل من الغريب أن يجد لاعبو كرة القدم صعوبة أحيانًا في سماع الحكم؟ ربما إذا كان الملعب فارغًا وكان الجميع يشاهدون المباراة من المنزل، لكان صوت الصافرة سيبدو أوضح قليلًا!

الأفكار الأخيرة

ما مقدار الضجيج في فصلك؟ هل من السهل أن تسمع معلمك أم يتشتت انتباهك بسبب الأشياء الأخرى التي تحدث في الغرفة؟ الآن وقد فهمت المزيد عن كيفية عمل علم الصوتيات، قد تكون لديك بعض الاقتراحات المفيدة التي من شأنها أن تساعد في تقليل ضوضاء الفصل وتسهيل عملية التركيز! ولكن انتبه، فإذا أحضرت عددًا من الوسائد أكثر من اللازم، قد تشعر براحة تامة وتخلد إلى النوم![6]

[6]إذا كنت تود اكتشاف المزيد عما يحدث في عالم الصوتيات، لا تتردد في زيارة هذه المواقع: http://www.acoustics.ac.uk و lsbu-acoustics.blogspot.com.

التمويل

هذه الدراسة مدعومة من شبكة الصوتيات البريطانية بلس التابعة لمجلس بحوث العلوم الهندسية والفيزيائية EP/V007866/1.

المراجع

1. Shield, B. M., and Dockrell, J. E. 2004. External and internal noise surveys of London primary schools. *J. Acoust. Soc. Am.* 115:730. doi: 10.1121/1.1635837
2. Shield, B. M., and Dockrell, J. E. 2008. The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *J. Acoust. Soc. Am.* 123:133. doi: 10.1121/1.2812596
3. Shield, B. M., Conetta, R., Dockrell, J. E., and Connelly, D. 2015. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. *J. Acoust. Soc. Am.* 137:177. doi: 10.1121/1.4904528
4. Durup, N., Shield, B. M., Dance, S., and Sullivan, R. 2015. How classroom acoustics affect the voice parameters of teachers. *J. Build. Acoust.* 22:225–42. doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.761

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 20 نوفمبر 2023

المحرر: Christian J. Sumner

مرشدو العلوم: Rebecca Susan Dewey

الاقتباس: Ballestero E و Dance S (2023) دراسة الأصوات داخل الفصول الدراسية. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2022.804634-ar

مُترجَم ومقتبس من: Dance S and Ballestero E (2022) Acoustics Of Classrooms. Front. Young Minds 10:804634. doi: 10.3389/frym.2022.804634

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

حقوق الطبع والنشر © 2022 © 2023 Ballestero و Dance. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

SAINT BERNARD'S CATHOLIC HIGH SCHOOL, العمر: 11–13

مدرسة سانت برنارد الكاثوليكية الثانوية هي مدرسة كاثوليكية ثانوية في جنوب يوركشاير. وقد تطوع طلاب المرحلة الأساسية الثالثة هؤلاء ليكونوا جزءًا من مجموعة مراجعة الأقران. فاضطلعوا بقراءة المقال ودونوا ملاحظات مُفصلة في وقتهم الخاص. وقد أحبوا أن يكون لهم دور فعال في مراجعة الأقران الحقيقية لهذا المقال العلمي؛ فلم يكتفوا بالسماع عن العملية بل أحبوا أن تكون لهم مشاركة فعالة فيها. وقد كان وجود مؤلفين بالغين لا يستمعون إلى ملاحظاتهم فحسب، بل يستجيبون أيضًا لها، أمرًا مفيدًا للغاية للطلاب. الطلاب المشاركون: سارة وجريس وأليس وزارا وأميليا وأليجا وإميلجا وميغان وإدنا وكيت.

المؤلفون

STEPHEN DANCE

أستاذ ومدير مجموعة الصوتيات في جامعة ساوث بانك بلندن. وهو خبير في صوتيات الغرف والمحاكاة الحاسوبية. وقد نشر ما يربو على 100 ورقة بحثية في مجال علم الصوتيات. كما أنه مستشار في دار الأوبرا الملكية وقاعة هنري وود والأكاديمية الملكية للموسيقى. وقد حصل على جوائز من الجمعية الصوتية الأمريكية بسبب التوجيه، وجائزة شولتز بسبب تعليم الصوتيات المعمارية، وميدالية تيندال من معهد الصوتيات، وزمالة التدريس الوطنية من أكاديمية التعليم العالي. dances@lsbu.ac.uk*

ERIC BALLESTERO

باحث في مرحلة ما بعد الدكتوراة في مختبر الصوتيات بجامعة لومان في فرنسا. وقد تخرج بدرجة الدكتوراة في علم الصوتيات من جامعة ساوث بانك بلندن، بالشراكة مع دار الأوبرا الملكية، حيث درس المواد استثنائية الخصائص -أي الهياكل المبتكرة ذات الخصائص غير العادية- وكيف يمكن استخدامها لتحسين الصوتيات في قاعات الحفلات الموسيقية ودور الأوبرا. ويعمل إيريك الآن على المواد استثنائية الخصائص القابلة

للتكيف لتغيير صوتيات الغرف وكذلك تصميم عدسات الموجات فوق الصوتية للتطبيقات الطبية الحيوية.Eric.Ballestero@univ-lemans.fr*

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology