The Effect of some Weather Factors on the Speed of the Sound Waves Inside the Surface Boundary Layer in Baghdad City

A. G. Mutar
Science College, University of AL-Mustansiriyah / Baghdad
N. A. Mohammed
Science College, University of AL-Mustansiriyah / Baghdad.
Email: mutaraqeel@yahoo.com

Received on 24/3/2016 & Accepted on 23/11/2017

Abstract
In this work the sound speed has been measured by a fast response anemometer in the surface boundary layer also the temperature and relative humidity has been measured to the same zoon then we tray to make a description to the relation between the sound speed and the other variables , the estimation of the average of Turbulent kinetic energy and the horizontal momentum flux was very important to have knowledge about the effect of turbulence advection variables on the sound speed , a practical equations Has proved to Describe the relation between the sound speed and the turbulence advection variables.
Keywords - sound speed - surface boundary layer- Turbulent kinetic energy

تاثير بعض العوامل الجوية على سرعة تقدم الموجات الصوتية داخل الطبقة المتاخمة السطحية في محافظة بغداد

الخلاصة
في هذا العمل تم قياس سرعة الصوت في الطبقة السطحية المتاخمة بواسطة جهاز قياس سرعة الرياح ذو الاستجابة السريعة كما وتم تسجيل درجة الحرارة والرطوبة النسبية لنفس المنطقة ومحاولة دراسة تاثير الحرارة والرطوبة النسبية على سرعة تقدم الموجة الصوتية وإيجاد صيغ وضعية تصف هذا التاثير وتبين شكل العلاقة بين المتغيرات , ان حساب وتقدير معدل الطاقة الحركية المضطربة وفيض العزم الافقي كان مهما لفهم تاثير العوامل الاضطرابية في جريان الرياح على سرعة تقدم الموجة الصوتية كذلك تم التوصل الى صيغ وضعية تصف تاثير تلك العوامل على سرعة الصوت
الكلمات الافتتاحية: سرعة الصوت – الطبقة المتاخمة السطحية – الطاقة الحركية المضطربة

المقدمة:

ان دراسة حركة الموجات الصوتية وطبيعة انتشارها يكتسب أهمية كبيرة في البيئة التي نعيش فيها , ففي المناطق الحضرية بدأ التلوث بالضوضاء يمثل تحديا حقيقيا يمثل مشكلة ذات أهمية كبيرة تنعكس على طبيعة تخطيط المدن وتصميم البنى التحتية بما يتماشى واهمية هذه المشكلة, كذلك بعض التطبيقات المهمة التي تستخدم الموجات الصوتية في بعض المجالات العسكرية والطبية والصناعية والتي تقتضي التعامل مع موجات الصوت وهي تتحرك داخل الجو (الوسط المادي الناقل لموجات الصوت) وبذلك تصبح معرفة طبيعة التأثيرات الجوية المختلفة على حركة الموجات الصوتية امرا في غاية الأهمية .

وتعتبر الموجات الصوتية موجات ميكانيكية تنتقل عن طريق تذبذب ضغط الوسط المائع عند انتقالها في الموائع وتحتاج الى وسط مادي تنتقل خلاله ويمثل الامتصاص الجوي احد أهم العوامل المؤثرة في انتشار الموجات الصوتية خلال الجو ان الخسارة الحاصلة في طاقة الموجة الصوتية خلال انتقالها داخل الغلاف الجوي تتمثل بخسارة الطاقة الناتجة عن اللزوجة وتبادل الطاقة بين جزيئات الهواء وطبيعة التوصيلية الحرارية للهواء, ان سرعة انتقال الموجة الصوتية تعتمدعلى درجة الحرارة للهواء, ان حساب تأثير الاضطراب والحركة الدوامية في الطبقة المحاددة يعتبر ضروري لتقييم طبيعة انتشار الصوت داخل الغلاف الجوي [1].

كذلك فان درجة الحرارة والرطوبة النسبية تؤثران بشكل او اخر على سرعة الصوت [2], لقد جرت العديد من المحاولات لدراسة وفهم طبيعة تحرك الموجات الصوتية داخل الغلاف الجوي حيث قام الباحث(G.H Goedecke.2001) بدراسة تأثير الاضطراب الجوي على استطارة الموجات الصوتية أحادية الطول الموجي وحاول وضع نموذج حاسوبي يحاكي هذا التأثير [3] .

اما الباحثان (AJ Bullmore and AR McKenzie.2002) فقد قاما بمحاولة دراسة تأثير سرعة واتجاه الرياح على مستويات وانتشار الضوضاء في مناطق شبه حضرية وقد توصل الى ان مستويات الضوضاء تتأثر بشكل كبير بهذين العاملين [4]. كما قام الباحث (المشهداني محمد مجيد 2012) بدراسة وتحليل مستويات الضوضاء في مدينة بغداد وتغيرها خلال فصول السنة ووجد ان اعلى القيم سجلت خلال فصل الصيف [5]. اما الباحثة (Nawal Dawood Salman.2013) والتي درست مستوى التلوث بالضوضاء الصوتية في مدينة بغداد تحديدا عند طريق محمد القاسم السريع وحاولت انتاج نموذج للتنبوء

https://doi.org/10.30684/etj.35.1C.18
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.

بالضوضاء المرورية [6] وتطرقت الباحثة (Zeena T. Jaleel.2014) الى قياس الضوضاء الصوتية ومدى تأثيره على مستشفيات بغداد[7] ولكن الغريب في الموضوع انهما لم يتطرقا الى أي من العوامل الجوية التي تؤثر في حركة الموجات الصوتية عند الطبقة السطحية.

الجزء النظري:

يمكن وصف سرعة الصوت في الغاز المثالي كالتالي[2]:

$$Ss = \sqrt{\frac{r\,P}{\rho}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

حيث ان:

Ss هي سرعة الصوت بوحدات m/s

P ضغط الغاز المحيط

r الحرارة النوعية للغاز تحت ضغط ثابت وهي للهواء 1.4

ρ كثافة الغاز [2].

ان سرعة الصوت في الهواء الجاف يمكن ان تصل الى 331.45 m/s [2]. يمكن حساب الاضطراب في مركبات سرعة الرياح الانية من خلال طرح السرعة الانية من معدل السرعة وكالتالي:

$$\acute{x} = x_i - \bar{x} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (2)$$

حيث ان:

$\acute{x}$ قيمة الاضطراب في احدى المركبات الثلاث لسرعة الرياح (u,v,w)

x_i قيمة السرعة الانية لاحدى المركبات الثلاث لسرعة الرياح (u,v,w)

$\bar{x}$ متوسط السرعة لاحدى مركبات السرعة الثلاثة للرياح (u,v,w) [8].

ان الطاقة الحركية المضطربة يمكن ان تعتبر من الكميات التي تستخدم لدراسة الاضطراب وكما هو معروف فان الطاقة الحركية هي [9]:

$$KE = \frac{1}{2} M\,V^2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

حيث ان KE الطقة الحركية

M كتلة الجسم المتحرك

V سرعة الجسم المتحرك

اما عند التعامل مع الموائع فان الحديث سيكون عن الطاقة الحركية لوحدة الكتلة حيث تقسم المعادلة رقم (3) على M الكتلة فينتج:

$$\frac{KE}{M} = \frac{1}{2}\,V^2 \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

ان الطاقة الحركية للجريان تنقسم الى جزئين أساسيين جزء يمثل الحركة المضطربة للسرعة (e) وجزء يمثل حركة معدل السرعة (VKE) ويمكن حسابهما كالتالي:

$$\frac{VKE}{M} = \frac{1}{2}(\bar{U}^2 + \bar{V}^2 + \bar{W}^2) \dots\dots\dots (5)$$

$$e = \frac{1}{2}\left(\acute{U}^2 + \acute{V}^2 + \acute{W}^2\right) \dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

حيث ان:

(VKE/M) هي الطاقة الحركية لمعدل سرعة الرياح

(e) الطاقة الحركية المضطربة الانية لوحدة الكتلة

عندما يكون هبوب الرياح بطيئا وتسجيل البيانات خلال فترة زمنية قصيرة بين تسجيل واخر فان قيم e ستعاني تغيرا سريعا خلال الزمن، ويمكن التغلب على هذا الامر بأخذ معدل القيم الانية للطاقة الحركية المضطربة ($\bar{e}$) لتصبح (TKE)والتي تحسب كالتالي:

$$TKE = \frac{1}{2}\left(\overline{\acute{U}^2} + \overline{\acute{V}^2} + \overline{\acute{W}^2}\right) \dots\dots\dots (7)$$

وتعتبر (TKE) مصدرا مهما لمعرفة مقدار اضطراب الجو داخل الطبقة المحاددة ووحدة قياسها هي($\frac{m^2}{s^2}$) [9].

يعرف فيض الزخم (MF) على انه مقدار الزخم المنتقل خلال زمن معين في مساحة معينة مقاسة بوحدات المساحة المعروفة, والزخم هو كتلة تتحرك بسرعة معينة ويقاس بوحدة (N/m^2) ويمكن حساب فيض الزخم الافقي كالتالي [9]:

$$MF = \overline{\acute{u}\acute{w}} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (8)$$

$\acute{u}$ هو الاضطراب في سعة الرياح باتجاه المحور x

$\acute{w}$ هو الاضطراب في سرعة الرياح باتجاه المحور z

ويطلق عليها أحيانا الحركة الدوامية العمودية [9].

الجزء العملي

I-الأجهزة:

لقد استخدم في هذا العمل جهاز قياس سرعة الرياح ذو الاستجابة السريعة fast response – anemometer وهو من نوع Wind master pro,Ultrasonic anemometer UMG07914-1189-PK-021 ويعمل هذا الجهاز على رصد السرعة لكل مركبة من مركبات الرياح الثلاث (u,v,w) خلال كل ثانية كما يقوم بحساب وتسجيل سرعة الصوت في الهواء ودرجة الحرارة للهواء لنفس الوقت ان ما يميز هذا الجهاز هو توفير كمية هائلة من البيانات خلال فترة زمنية قصيرة نسبيا.

كذلك تم استخدام المحطة الأرصاد الأتوماتيكية، وهي من نوع .Davis Vantage Pro(2) لقياس العناصر الجوية مثل الرطوبة النسبية وتسجل هذه المحطة قيما ساعية للعناصر حيث ويتوفر الجهازان في مختبرات قسم علوم الجو في كلية العلوم الجامعة المستنصرية وقد تمت عملية تسجيل البيانات بالتعاون مع هذا القسم.

الشكل (1) محطة الأرصاد الأتوماتيكية، وهي من نوع Davis Vantage Pro(2) لقياس العناصر الجوية

الشكل(2) جهاز قياس سرعة الرياح ذو الاستجابة السريعة fast response – anemometer وهو من نوع Wind master pro,Ultrasonic anemometer -UMG07914-1189-PK-021

II- الموقع:

تقع مدينة بغداد على خط طول 44.5 شرقا ودائرة عرض 33.14 شمالا، ان حي المستنصرية هو أحد الضواحي الشمالية الشرقية لمدينة بغداد ويعتبر من المناطق الحضرية، الأجهزة منصوبة على ارتفاع يصل الى 18 متر ومنطقة الدراسة محاطة بشكل عام ببنايات تتكون في اغلبها من طابقين الى ثلاث طوابق.

III- الرصد:

امتدت فترة رصد البيانات على مدى عشرون يوما من(2015\2\22) الى (2015\3\13) وبشكل يومي تقريبا سجلت اغلب الرصدات ابتداء من الساعة 7:00 الى الساعة 13:00 حسب التوقيت المحلي لمدينة بغداد.

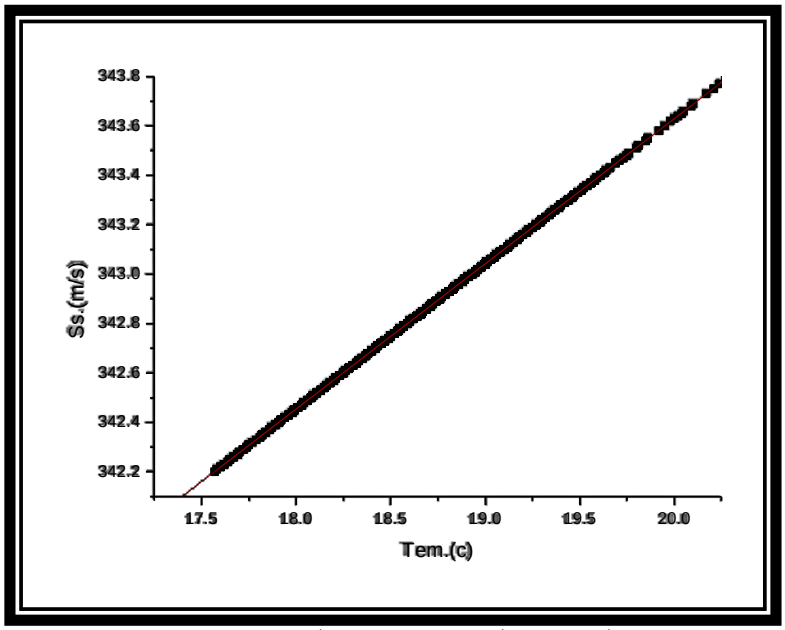
لقد تمت معالجة أكثر من 151200 تسجيل من بيانات جهاز قياس سرعة الرياح ذو الاستجابة السريعة وهي تعادل تقريبا 2520 رصدة , ان تسجيل درجة الحرارة وسرعة الصوت تم بشكل اني (كل ثانية) اما الرطوبة النسبية والطاقة الحركية المضطربة وفيض الزخم فقد تم القياس كل ساعة ومقارنته بالمعدلات الساعية لسرعة الصوت .

4 - النتائج والمناقشة:

I- تأثير درجة حرارة الهواء على سرعة الصوت:

من خلال رسم العلاقة البيانية بين سرعة الصوت في الهواء ودرجة حرارة الهواء تبين ان العلاقة بينهما علاقة طردية ذات معامل ارتباط عالي جدا وكما هو ملاحظ في الشكل (3) حيث ان زيادة درجة الحرارة تؤدي الى تقليل الكثافة بالتالي زيادة سرعة الموجات الصوتية وذلك نتيجة العلاقة العكسية بين سرعة الصوت وجذر كثافة الغاز [2]، ان معامل الارتباط R بين سرعة الصوت Ss ودرجة الحرارة .Tem هو 0.99998 ويمثل ارتباطا قويا جدا لذلك من الممكن ان نستنتج صيغة وضعية لحساب سرعة الصوت بالاعتماد على قيمة درجة الحرارة كالتالي:

$$Ss = 0.58758 * \text{Tem.} + 331.87823 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (9)$$



الشكل (3). العلاقة بين سرعة الصوت Ss ودرجة حرارة الهواء بالسيليزي .Tem

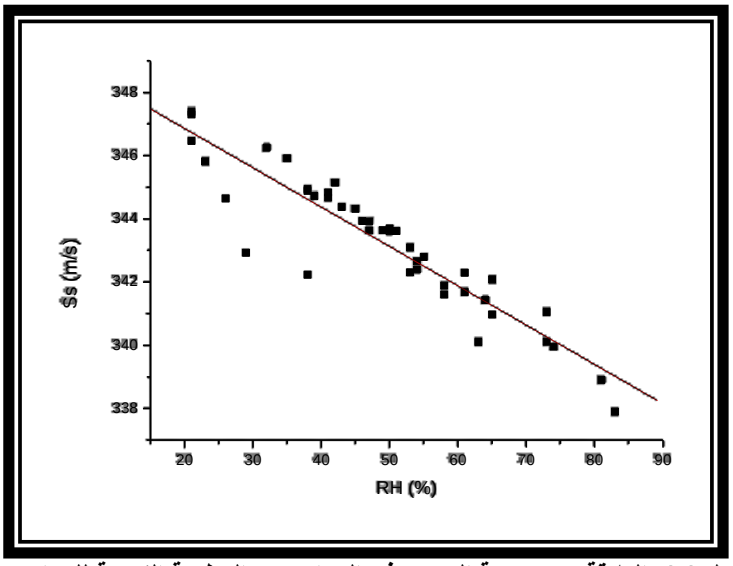
II- تأثير الرطوبة النسبية على سرعة الصوت:

اما تأثير الرطوبة النسبية على سرعة الصوت فكما هو واضح من الشكل (4) ان العلاقة بين سرعة الصوت Ss والرطوبة النسبية RH هي علاقة قوية أيضا وذات معامل ارتباط قوي

حيث (R = -0.92393) ولكن العلاقة بينهما هي علاقة عكسية كما هو واضح وهذا يعني ان زيادة الرطوبة النسبية تؤدي الى تناقص سرعة تقدم الأمواج الصوتية في الهواء وكالتالي:

$$Ss = -0.12439 \times RH + 349.34183 \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (10)$$

وهذه الصيغة تمثل صيغة وضعية يمكن اعتمادها لحساب سرعة الصوت بالاعتماد على قيمة الرطوبة النسبية وفق نفس الظروف المحيطة بالعمل.

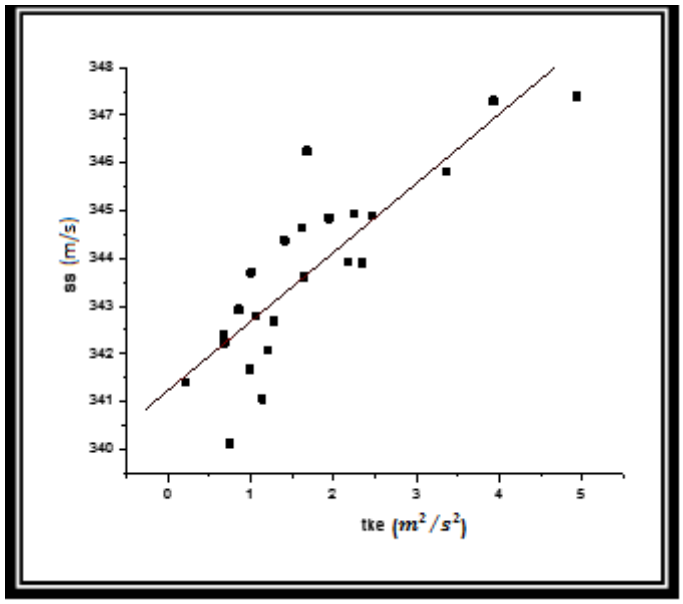


شكل (4). العلاقة بين سرعة الصوت في الهواء Ss والرطوبة النسبية للهواء RH

III- تأثير الطاقة الحركية المضطربة على سرعة الصوت:

لقد تم حساب الطاقة الحركية المضطربة tke من خلال المعادلة (7) وكذلك فيض الزخم Mf من المعادلة (8), ان الطاقة الحركية وفيض الزخم الافقي يساهمان بشكل او اخر في تغيير قيمة كثافة الهواء في الطبقة السطحية لما لهما من دور في نقل الكتلة الهوائية من موقع الى اخر. ان تأثير العوامل الاضطرابية بشكل عام يتمثل بعملية انتقال الكتلة الهوائية وبالتالي التأثير على قيمة كثافة الهواء وان بشكل محدود ويؤدي ذلك بالنتيجة الى تغير سرعة الصوت داخل الهواء وكما متوقع نلاحظ من خلال الشكل (5) ان زيادة الطاقة الحركية المضطربة تؤدي الى زيادة سرعة الصوت في الهواء. ان معامل ارتباط المتغيرين (سرعة الصوت والطاقة الحركية المضطربة) هو R = 0.84365 وهو معامل ارتباط قوي يسمح لنا باعتماد الصيغة الوضعية التالية لحساب سرعة الصوت Ss بالاعتماد على قيمة الطاقة الحركية المضطربة tke :

$$Ss = 1.44705 \times \text{tke} + 341.23525 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

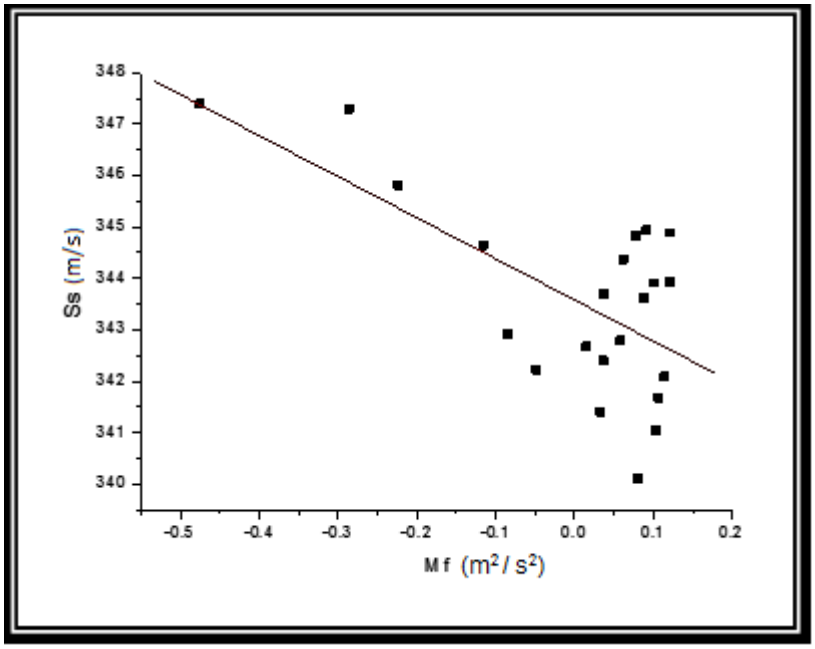


الشكل(5). العلاقة بين سرعة الصوت في الهواء Ss (m/s) والطاقة الحركية المضطربة tke (m^2/s^2)

IV- تأثير فيض الزخم الافقي على سرعة الصوت :

اما تأثير فيض الزخم الافقي على سرعة الصوت والمبين في الشكل (6) فمن الواضح ان زيادة فيض الزخم الافقي تؤدي الى تناقص في سرعة تقدم الأمواج الصوتية وقد يعود ذلك الى تغيرات إيجابية في قيمة كثافة الهواء في الطبقة السطحية مع زيادة فيض الزخم الافقي والذي يقوم بنقل الكتلة افقيا كما هو معلوم، قد لا يعتبر فيض الزخم الافقي عاملا مؤثرا أساسيا ولذلك نجد ان قيمة معامل الارتباط R هي (-0.65082) وهي قيمة تؤشر ارتباطا متوسطا ولكن لا يمكن اهمال هذا التأثير والصيغة الرياضية التالية توضح هذه العلاقة:

$$\text{Ss} = -7.98739 \times \text{Mf} + 343.57689 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$



الشكل(6). العلاقة بين سرعة الصوت في الهواء Ss وفيض الزخم الافقي Mf

5 - تأثير بعض العوامل الجوية على سرعة الصوت

من الواضح ان هناك الكثير من العوامل الجوية تؤثر على طبيعة حركة الموجات الصوتية في الغلاف الجوي لا سيما الطبقة السطحية منه, حيث وجد ان الرياح العمودية الصاعدة والهابطة تؤثر في سرعة وشدة انتشار الصوت في الغلاف الجوي (Andre Filipe 2012) . [1] كذلك يعتبر تاثير درجة الحرارة والرطوبة عاملا أساسيا في فهم طريقة انتشار الموجات الصوتية في الغلاف الجوي [1]. وكما لاحظنا أعلاه فمن الممكن جمع العلاقات الوضعية المستنتجة من العلاقات الخطية السابقة {(9)و (10) و (11) و (12)} في علاقة واحدة يمكن من خلالها توضيح تاثير بعض العوامل الجوية المستهدفة في البحث على سرعة تقدم الموجات الصوتية وكما في الصيغة (13):

$$\mathrm{Ss} = 341.50805 + 0.146895 \times \mathrm{Tem.} + (-0.0310975 \times RH) + 0.3617625 \times tke + (-1.9968475 \times Mf) \quad \ldots\ldots (13)$$

الاستنتاجات

هناك علاقة قوية بين درجة الحرارة وسرعة تقدم الموجات الصوتية في الطبقة السطحية من الطبقة المحاددة وهي علاقة خطية طردية تم وصفها بالمعادلة الوضعية رقم (9) ,

العلاقة بين الرطوبة النسبية وسرعة تقدم الموجات الصوتية في الطبقة السطحية هي علاقة خطية عكسية وقد اشرت ارتباطا قويا وتم وصفها بصيغة وضعية المعادلة (10),

تم حساب معدل الطاقة الحركية المضطربة لجريان الرياح وكذلك فيض الزخم الافقي وقد تبين ان العلاقة بين معدل الطاقة الحركية المضطربة وسرعة تقدم الموجات الصوتية هي علاقة خطية طردية واشرت ارتباطا قويا وتم وصف العلاقة بصيغة وضعية المعادلة (11),

اما فيض الزخم الافقي فيرتبط بشكل خطي عكسيا مع سرعة تقدم الموجات الصوتية ولكن بشكل اقل قوة من المتغيرات الاخرى فقد اشرت هذه العلاقة معامل ارتباط متوسط القيمة وقد تم وصفها بصيغة وضعية المعادلة (12)

كما ويمكن جمع العلاقات الأربع في صيغة واحدة شاملة لحساب سرعة تقدم الموجات الصوتية في الطبقة السطحية في مدينة بغداد و قد بينت في المعادلة (13).

References

[1]- A. P. Oliveira "The Effect of Wind and Turbulence on Sound Propagation in The Atmosphere" Master Degree's Paper of Technical University of Lisbon,2012.

[2]- A.Bohn Dennis "Environmental Effects on the Speed of Sound" journal of audio Engineering.Soe. vol.36, No.46:1988.

[3]- G. H. Goedecke , C. Wood Roy , J. Auvermann Harry, V. E. Ostashev, David I.Havelock and Chueh Ting "Spectral broadening of sound scattered by advecting atmospheric turbulence" The Journal of the Acoustical Society of America, . Am. 109, 1923:2001

[4]- A.R. McKenzie , A.J. Bullmore, and I.H. Flindell, "The effects of wind speed and direction on ambient and background noise levels in the suburban environment" Proceedings of the Institute of Acoustics,24,(3),15-22, 2002

[5] -المشهداني محمد مجيد احمد "دراسة مستوى التلوث الضوضائي في الجو الحضري لمدينة بغداد " رسالة ماجستير مقدمة الى قسم علوم الجو -كلية العلوم، الجامعة المستنصرية :2012

[6]- Salman Nawal Dawood 'Traffic Noise Predection Model For Mohammed Al-Qassim Freeway In Baghdad Environment" Journal of Engineering and Development, Vol. 17, No.6:2013

[7]- Jaleel Zeena T. "The Effect of Road Traffic Noise at Hospitals in Baghdad City" Journal of Engineering and Development, Vol. 18, No.3: 2014.

[8]-مطر. عقيل غازي "ب شدة اضطراب سرعة الرياح الافقية في مدينة بغداد" مجلة الهندسة والتكنلوجيا، المجلد 31، الجزء(B)، العدد(5):2013

[9]- B.Stull Roland "Introduction to Boundary Layer Metrology" Kluwer, Academic Publishers, London, 1989.