JRUCS
Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)
مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم

Available online at: https://www.jrucs.iq

AL- Rafidain University College

# تقدير العوامل المؤثرة في تلوث الهواء في العراق باستعمال نماذج الانحدار الضبابية

| راويه عماد كريم | محمد جاسم محمد |
|---|---|
| rawya.emad1101a@coadec.uobaghdad.edu.iq | m.jasim@coadec.uobaghdad.edu.iq |

قسم الإحصاء- كلية الإدارة والاقتصاد- جامعة بغداد، بغداد، العراق.

**المستخلص**

يعد الهواء من الضروريات لعيش الانسان وكلما كان الهواء نقياً كلما كانت صحة الانسان جيدة، وفي الآونة الاخيرة اصبح الهواء يتأثر بالملوثات وهنالك عدة متغيرات تؤثر في نقاوة الهواء واصبح الهواء يؤثر على صحة الانسان لما يحمله من ملوثات توثر على جسم الانسان وصحته. ولمعرفة مدى تلوث الهواء في كل مناطق الارض تم بناء مؤشر لمعرف تلوث الهواء بالاعتماد على عدة متغيرات يسمى بمعامل تأثير الهواء. ولبيان اكثر المتغيرات تأثيرا على هذا المعامل تم بناء انموذج انحدار وبما ان معامل تأثير الهواء غير دقيق فتم استعمال انموذج انحدار ضبابي معلمات والمتغير المعتمد ام المتغيرات التوضيحية فكانت جازمة. وفي بحثنا هذا تم بناء انموذج انحدار ضبابي لتلوث الهواء العراق، وتم تقدير معلمات الانموذج للوصول الى العوامل التي لها تأثير اكبر في تلوث الهواء في العراق بعد ان تم جمع البيانات من وزارة البيئة العراقية عن معامل تأثير جودة الهواء (AQI) والذي يعتبر معيارا اساسيا لقياس تلوث الهواء وهل هو جيد او مقبول او سيئ للأشخاص الحساسين ام خطير من خلال ستة عوامل تمثل المتغيرات التوضيحية هي (co2,o3,so2,pm10.pm2.5,NO2) والتي بياناتها غير ضبابية. تم قياسها في الجو عن طريق استخدام محطات تقوم بقياسها منتشرة في المحافظات كافة وتم اخذ البيانات لشهر كامل عن طريق اخذ ثلاث قراءات في اليوم الواحد ولجميع المحافظات كل 8 ساعات وتم اختبار البيانات للتأكد من مشكلة التعدد الخطي وتبين وجود المشكلة وتم استخدام انحدار الحرف الضبابي لتقدير معلمات الانموذج وتبين ان انموذج انحدار الحرف الضبابي يعطي تقديرات افضل دقة. ومن خلال المقارنة مع جدول المعايير نجد ان كل محافظات العراق خارج نطاق المديات التي لا تؤثر على صحة الانسان.

**معلومات البحث**

**تواريخ البحث**
تاريخ تقديم البحث: 2023/1/8
تاريخ قبول البحث: 2023/3/3
تاريخ رفع البحث على الموقع: 2023/12/31

**الكلمات المفتاحية**
انموذج ضبابي، طريقة المربعات الصغرى الضبابية، معامل تأثير الهواء، انحدار الحرف الضبابي.

**للمراسلة:**
راويه عماد كريم
rawya.emad1101a@coadec.uobaghdad.edu.iq

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.598

## 1. المقدمة

كانت الأنظمة البيئية بحالة اتزان لضمان بقاء الحياة حتى القرن العشرين واتصفت بالاتزان مثل الغازات والماء والاملاح والطاقة والمخلفات والفضلات المتنوعة وغيرها، الا ان ارتفاع العدد السكاني وثورة العلم والتكنولوجيا التي تمثل بعض أبرز مظاهر عصرنا الحالي، تسببت في تزايد أنواع وكميات المواد الطبيعية والمصنعة الملوثة للبيئة والناتجة من النشاطات البشرية، لقد أدى هذا الأمر إلى حدوث خلل كبير في اتزان النظم البيئية مما تسبب في أضرار متنوعة على الكائنات الحية وعلى صحة الإنسان فقد برزت العديد من المشاكل المهمة في مجال التلوث البيئي ولمختلف العناصر البيئية المتمثلة بالهواء والماء والتربة، مع التوسع في استخدامات الوقود من فحم ونفط وغاز طبيعي في مجلات الحياة المتنوعة، انتشرت في البيئة التي نعيش فيها الكثير من الملوثات في الهواء كالغازات الناتجة من احتراق الوقود والنشاطات الصناعية المتنوعة، التي شملت أكاسيد كربونية ونتروجينية وكبريتية، أدى الاحتراق غير الكامل للوقود إلى تصاعدُ مركِّبات هيدروكربونية (عضوية) وانتشار الدقائق العالقة فنتج عن ذلك تلوث الهواء المحيط بنا لذا يُعد الحفاظ على البيئة من أهم الاهداف الاساسية للحفاظ و حماية البيئة في مجال التطور الاقتصادي والصناعي، أن اغلب بيانات البلدان النامية تعاني من عدم دقتها أو فقر تقدير مقاييسها ونقص التسجيل مما جعل نوعية واستخدام

هذه البيانات محدودا جداً في مجالات التلوث، ومن هنا جاء السؤال هل من الممكن استغلال مصادر عدم الدقة في مثل هذا النوع من البيانات لغرض بناء وتحليل نماذج انحدار تستخدم للتقدير والتنبؤ بشكل كفوء عوضا عن إهمالها. وتكمن أهمية الدراسة في بناء انموذج انحدار ضبابي المعلمات باستخدام الدالة المثلثية وتقدير هذا الانموذج بطريقة المربعات الصغرى الضبابية، وبما ان هناك مشكلة التعدد الخطي في البيانات لذلك سيتم اللجوء الى انحدار الحرف الضبابي للمعالجة المشكلة وبناء انموذج انحدار ضبابي لتقدير العوامل المؤثرة في تلوث الهواء إذ يكون متغير الاستجابة أرقاماً ضبابية مثلثية واظهرت النتائج ان انموذج انحدار الحرف الضبابي يعطي نتائج اكثر دقة بالاعتماد على معاييري متوسط مربعات الخطأ ومتوسط الخطأ المطلق للأنموذج.

تمت دراسة تلوث الهواء من قبل عدة باحثين ،اذا قامت الباحثة الشمري[1] (2020) هدفت الدراسة الى تقييم تلوث الهواء في المراكز الحضرية في محافظة واسط وتم تحديد (40) موقعا لقياس تراكيز ملوثات الهواء وأظهرت نتائج القياس ارتفاع تراكيز الملوثات الجسيمية والعناصر الثقيلة متجاوزة حدود البيئة ولاسيما بفصل الصيف فبينت الدراسة ارتفاع في تراكيز TSP فوق الحدود القياسية في جميع المواقع فيما كانت تراكيز بعض الغازات الملوثة ضمن المحددات البيئية المسموح وكشفت الدراسة إن أعلى تراكيز للملوثات سجلت في المواقع الصناعية والمرورية، وتم استعمال مؤشر جودة الهواء( AQI) وذلك للكشف عن الاثار الصحية لتراكيز ملوثات الهواء المعيارية والتي بينت ان معظمها إن جودة الهواء في المراكز الحضرية كانت غير الصحية الخطيرة.

درست (الربيعي) [2] في العام 2021 تأثير تلوث الهواء على المسيب في محافظة بابل من خلال توضيح تركيز الغازات الملوثة للهواء في المسيب عبر استخدام (20 ) موقعا للقياس دور العناصر الطبيعية في التأثير على تلوث الهواء وأتضح بأن لهذه الخصائص دور كبير في التلوث خاصة المناخ وعناصره ومن أبرزها الرياح التي يظهر دورها واضحا في الملوثات، واظهرت دور العناصر البشرية في ارتفاع الملوثات مع ازدياد المصانع ومحطات توليد الطاقة الكهربائية وكذلك كثرة استعمال مولدات الطاقة الكهربائية المنتشرة في المناطق السكنية وعمليات حرق القمامة وازدياد أعداد السيارات والدراجات النارية وما تطرحه من ملوثات متعددة، وشملت الدراسة قياس تراكيز بعض الغازات ( ثاني أوكسيد الكاربونCO2، اول أوكسيد الكاربون CO، ثاني أوكسيد الكبريت SO4، الاوزون O3 كبريتيد الهيدروجين H2S، أكاسيد النتروجينNO2، وتباينها الزماني والمكاني ومقارنتها مع المحددات البيئية المحلية والعالمية، والتي شملت (الدقائق العالقة TSP ،وتركيز الرصاص( Pb) في الدقائق العالقة، وتركيز النحاس( Cu) في الدقائق العالقة، واظهرت اغلب المواقع ان جودة الهواء في منطقة الدراسة تقع ضمن فئة جيد – خطر جداً وحددت الدراسة الاثار الصحية لملوثات الهواء باستخدام الاستبانة.

في عام 2017 قام الباحث (احمد فاروق عباس) بعمل بحث علمي حديث عن الانحدار الضبابي اذا قدر أنموذج الانحدار الضبابي المكيف باستخدام دالة الأنتروبي وهدفت الدراسة الى تطوير وتوسعة عدد من نماذج الانحدار الضبابي في حالة اعتماد مصدر عدم الدقة في البيانات مصدرا لعدم التأكد ولكن بدلاً عن السائد في تحليل الانحدار الخطي الضبابي تم اعتماد طريقة تضبيب حديثة والتي تعتمد على الموقع ودوال الأنتروبي لرقمين ضبابيين ثلاثيين ورباعيين ذاتا شكل منحني انتماء مختلف بدلاً عن استخدام دوال الانتماء التي تعتمد على مجموعة المركز والانتشار، واستعمل معامل التحديد المصحح الضبابي ومتوسط الفرق المطلق ومخطط تايلور كمقاييس لتقيم الأداء، وأظهرت نتائج الدراسة كفاءة استخدام الموقع ودوال الأنتروبي لوصف الأرقام الضبابية وتفوقها على استخدام دوال الانتماء.[3]

## 2. المفاهيم النظرية

### ➢ مؤشر جودة تأثير الهواء Air impact quality index (AQI)

هو مقياس للظروف الجوية المتعلقة بمتطلبات نوع واحد أو أكثر من الكائنات الحية أو لاحتياجات أي إنسان أو كائن، أو هي الأرقام المستخدمة من قبل الوكالات الحكومية لوصف جودة الهواء في موقع معين. وكلما ارتفعت قيمة هذه المؤشرات، زاد احتمال تعرض السكان لتأثيرات صحية ضارة أكثر تناسبًا. وان طريقة قياس تركيز الملوثات في الهواء مع (AQI) تتغير مع تغير الملوث، وهي تختلف من دولة إلى أخرى. يتم تقسيم قيم AQI إلى نطاقات، ويتم تعيين وصف ولون لكل مجموعة لها. يتم استخدام مؤشر جودة الهواء من قبل المنظمات الحكومية لمعرفة مقدار تلوث الهواء الموجود حاليًا، أو للتنبؤ بكم سيكون. يتطلب حساب قيمة مؤشر تلوث الهواء قياس متوسط تركيز ملوثات الهواء خلال فترة محددة، والتي يتم الحصول عليها من خلال المراقبة البيئية. تعبر معلمات التركيز والوقت معًا عن العلاقة بين جرعة ملوث الهواء والاستجابة لها، ويتم تحديد الآثار الصحية المقابلة لجرعة معينة من الملوث من خلال البحث الوبائي. تختلف فعالية ملوثات الهواء، والطريقة المستخدمة لتحويل قيم تركيز الملوثات إلى قيمة مؤشر جودة الهواء. يمكن أن تزيد قيمة AQI نتيجة زيادة انبعاث ملوثات الهواء (على سبيل المثال، أثناء حركة المرور في ساعة الذروة أو عند اندلاع حريق في اتجاه عكس اتجاه الريح) أو بسبب انخفاض تركيز ملوثات الهواء. يسمح ركود الهواء، الناجم غالبًا عن الإعصار أو الانعكاس الحراري أو سرعات الرياح المنخفضة، للملوثات بالبقاء في منطقة محلية ، مما يؤدي إلى تركيزات أعلى من الملوثات، وتفاعلات كيميائية بين ملوثات الهواء يعكس تعريف تأثير جودة الهواء في بلد معين تطوير المعايير الوطنية لجودة الهواء في ذلك البلد. سمحت مواقع الانترنت للوكالات الحكومية بتقديم بيانات مراقبة الهواء في أي مكان في العالم أثناء عملية القياس، باستخدام تعريف مشترك لمؤشر جودة الهواء الذي تم توفيره مؤخرًا [4]. ان المستويات العالية من تلوث الهواء في العديد من أفقر مدن العالم اذ يتعرض أكثر من 80٪ من سكان المناطق الحضرية التي تراقب تلوث الهواء لمستويات جودة الهواء التي تتجاوز الحدود القصوى التي وضعتها منظمة الصحة العالمية، بينما تتأثر جميع المناطق حول العالم بتلوث الهواء، فإن الأشخاص الذين يعيشون في المدن منخفضة الدخل هم الأكثر تضررًا، ووفقًا لأحدث قاعدة بيانات جودة الهواء في

المناطق الحضرية، فإن 98 ٪ من المدن التي يزيد عدد سكانها عن 100,000 مئة الف نسمة، وخاصة البلدان ذات الدخل المحدود ومع ذلك، في البلدان ذات الدخل المرتفع، تنخفض هذه النسبة إلى 56٪. في العامين تضاعف حجم قاعدة البيانات تقريبًا ، لتشمل الآن 3000 مدينة في 103 دولة، حيث تقيس المزيد من المدن مستويات تلوث الهواء وتتعرف على الآثار الصحية المرتبطة بها، والعراق من بين البلدان التي تقيس متوسط تأثير جودة الهواء. في ظل تدهور جودة الهواء في المناطق الحضرية، تزداد مخاطر الإصابة بالسكتات الدماغية وأمراض القلب وسرطان الرئة وأمراض الجهاز التنفسي الحادة والمزمنة، بما في ذلك الربو، لسكان تلك المناطق، حيث يعد تلوث الهواء سببًا رئيسيًا للمرض والوفاة، وعندما يخيم الهواء الملوث فوق مدننا، فإن الفئات الأكثر ضعفاً هي من بين سكان الحضر ذات فئة الاصغر والاكبر سناً والأكثر فقراً هم اكثر عرضة للتضرر [5].

- **الاتجاهات العالمية في تلوث الهواء في المناطق الحضرية**

قامت منظمة الصحة العالمية من مقارنة إجمالي 795 مدينة في 67 دولة بالنسبة لمستويات الجسيمات الصغيرة والدقيقة (PM10) و PM2.5 (الجسيمات) في الهواء ، خلال مدة تمت الى خمس سنوات 2008-2013. وتشمل هذه (PM10) ذريرات (جسيمات) خشنة تقل أطوال أقطارها عن 10 مكم و(PM2. 5) وهي الجسيمات التي يقل قطرها عن 2.5 ميكرون أو يساويها في الغلاف الجوي والملوثات الاخرى مثل الكبريتات والنترات والكربون الأسود، التي تخترق عمق الرئتين والجهاز القلبي الوعائي، مما تشكل مخاطر جسيمة على صحة الإنسان نتيجة مضاعفة الإنتاج الصناعي والاقتصادي والسكاني [6].

- **طريقة احتساب جودة تأثير الهواء**

ان طريقة احتساب جودة الهواء تعتمد على بعض المقاييس مثل الجسيمات (PM2.5 و PM10) والأوزون (O3) وثاني أكسيد النيتروجين (NO2) وثاني أكسيد الكبريت (SO2) وأول أكسيد الكربون (CO). ترصد معظم المحطات الموجودة على الخريطة بيانات كل PM2.5 و PM10 وهناك دلالات ارشادية حددت من قبل منظمة الصحة العالمية الخاصة بجودة الهواء المحيط. تستعمل محطات مراقبة جودة الهواء GAIA مستشعرات الليزر عالية التقنية للجسيمات لقياس تلوث PM2.5 في الوقت الفعلي، وهو أحد أكثر ملوثات الهواء ضررًا [7].

1) **$PM_{10}$**: هي تلك الدقائق التي لا تلبث أن تعود الى الارض بعد انطلاقها من مصادرها بتأثير الجاذبية الارضية ويطلق عليها اسم الغبار الساقط وهذه الجسيمات لها تأثير على العيون وعلى المجاري التنفسية للإنسان، ولها تأثير ايضا على البنية والممتلكات في المنشآت الصناعية وان التركيز المسموح به هو كالاتي:

20 ميكروغراماً / م3 (المتوسط المسموح به سنوياً)

50 ميكروغراماً / م3 (المتوسط المسموح به خلال يوم واحد)

2) **$PM_{2.5}$**: الجسيمات العالقة وهي أحد ملوثات الهواء الرئيسة في العالم وأشدها خطورة وهي جسيمات محمولة جواً يصل حجمها إلى 5.2 ميكرومتر، وتبقى فترة طويلة معلقة في الهواء وترسيبها يكون بطيئا إذ تتوقف على الظروف المناخية من رطوبة ودرجة حرارة ورياح، وهي من أخطر الجسيمات الملوثة للهواء، ولصغر حجمها تسمح بالدخول إلى مجرى الدم عبر الجهاز التنفسي لأنها تحتوي على جزئيات دقيقة تستطيع أن تخترق فتحات الانف بشكل سهل إذ من الممكن أن تصل إلى الرئتين وان التركيز المسموح به هو كالاتي:.[8]

10 ميكروغراماً / م3 (المتوسط المسموح به سنوياً)

25 ميكروغراماً/ م3 (المتوسط المسموح به خلال يوم واحد)

3) **O3:** الاوزون هو شكل من أشكال الاوكسجين يتكون الاوكسجين الذي نتنفسه من ذرتين من الاوكسجين $O_2$ مرتبطة ببعضهما، الاوكسجين الطبيعي الذي نتنفسه عديم اللون والرائحة، يتكون الاوزون من ثلاث ذرات من الاوكسجين مرتبطة ببعضها البعض $O_3$ ويحدث ذلك عندما تضرب الاشعة فوق البنفسجية عالية الطاقة جزئية الاوكسجين $O_2$ فتفككها وتحدث مجموعة من التفاعلات ينتج بعدها اتحاد ذرة اوكسجين مع جزئية الاوكسجين مكونة الاوزون ، ويوجد الاوزون في منطقتين من الغلاف الجوي إذ إن حوالي 90 % من الاوزون موجود في الستراتوسفير (إذ تُعرف هذه الحزمة من الهواء باسم "طبقة الاوزون ، وهو بمثابة مظلة واقية للكائنات الحية على الارض، وإذا لم يكن هناك غلاف أوزون في الغلاف الجوي، فإن جميع الاشعاعات فوق البنفسجية الضارة والجزيئات عالية الطاقة القادمة من الفضاء ستدخل إلى وسط الارض وتسبب الموت للكائنات الحية، هذه الاشعة فوق البنفسجية مدمرة للمواد الخلوية الجينية في النباتات والحيوانات وكذلك البشر، بدون وجود طبقة الاوزون في الغلاف الجوي لن تكون الحياة على الارض ممكنة ، وحوالي 10 % من اوزون الارض موجود في طبقة التربوسفير والتي تمتد من وبالقرب من السطح حيث نعيش ونتنفس، يعد الاوزون ملوثاً للسطح بحوالي 10-15 كم فعند التعرض الى مستويات قليلة من جزئيات الاوزون يسبب تلف أنسجة الرئة بالإضافة الى امراض الجهاز التنفسي، يتشكل هذا الاوزون الضار عندما يبدأ ضوء الشمس تفاعلات كيميائية مع بعض المواد العضوية مثل أكاسيد النيتروجين والميثان، وهو المكون الاساسي للضباب مثل الدخان في الصيف، والسيارات هي أكبر مصدر للمركبات العضوية المتطايرة اللازمة لحدوث هذه التفاعلات والصرف الصحي والنفايات حيث تعد مصدرا للميثان والمصدر الاخر لغاز الاوزون هي الصناعة في أثناء عملية الاحتراق.[9]

4) $NO_2$: غاز ثنائي اوكسيد النتروجين وهو غاز بني محمر ذو رائحة كريهة حادة وسام جداً، تنتجه وسائط النقل كأحد أهم مكونات الغاز فضلا عن مصادر أخرى مثل محطات توليد الكهرباء وبعض الصناعات التي تحرق الوقود بدرجات كبيرة تنبعث كميات كبيرة منه من حرق الوقود في المنازل ، كما ينبعث من معامل صناعة الاسمدة النيتروجينية ومن الحقول الزراعية بعد عمليات التسميد الكيمياوي او الحيواني ومن بعض الصناعات الكيمياوية مثل انتاج حامض النتريك، وتتعلق التأثيرات المباشرة الاكاسيد النتروجينية على الجهاز التنفسي للإنسان كالتهاب الشعب التنفسية وتبين الدراسات إن أقل تركيز يمكن أن يؤثر في الجهاز التنفسي هو (3,0 ppm ) ولمدة ثلاثين دقيقة ويؤدي التعرض إلى تركيز (5,2 ppm )

ولمدة ساعتين إلى انخفاض في وظيفة الجهاز التنفسي فضلا عن اتلافها للنباتات اما التأثيرات السلبية غير المباشرة الطويلة المدى على الانسان فتشمل التفاعلات الضوئيكيميائية لتكوين الادخنة الضبابية ودورها في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وسقوط الامطار الحامضية وما تحدثه من تأثيرات على المنشآت والبيئة .[10]

**5)** $CO_2$:غاز ثنائي اوكسيد الكربون هو احد مكونات الهواء الطبيعي إذ يصل تركيزه في الهواء 03,0 % او ما يعادل 300 ملغم/م3 وهو غير ملوث ولكن الزيادة الحادة في نسبته يصبح ملوثا ففي عام 1990 أدت زيادته إلى حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري وارتفاع درجة حرارة الارض بصورة تدريجية، ينتج هذا الغاز من عمليات احتراق الوقود مثل الفحم، والبترول والغاز الطبيعي أو أي مادة عضوية أخرى كالخشب، ويؤكد العلماء إنّ كمية هذا الغاز أخذت في التزايد مع بداية الثورة الصناعية وذلك بسبب الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها وتستهلكها المنشآت الصناعية ومحطات القوى الكهربائية ومحركات السيارات ووسائل النقل والمواصلات المتنوعة التي تستعمل احتراقه يؤدي الى استهلاك غاز الاوكسجين واطلاق غاز ثنائي اوكسيد الكاربون بكميات كبيرة أكبر بكثير مما يمكن للغطاء النباتي استهلاكه وأكبر من قدرة مياه البحار والمحيطات، فضلا عن تزايد أعداد السكان والثروة الحيوانية في العالم. يتميز هذا الغاز بتغير نسبته في الهواء وبصورة دورية من فصل الى اخر فتقل نسبته الى حد ما في فصل الربيع الذي تنشط فيه عمليات نمو النباتات وتزداد نسبته في فصل الشتاء حينما تصل عمليات نمو النباتات الى اقل قيمة لها، لذا يعد من الغازات التي تتغير كميا بحسبً قيمة عمليات البناء الضوئي في النباتات الا إن خطورته تكمن في زيادة تركيزه بما يفوق ظروف وعوامل معينة وهذا ما يقلل من اثر معدلاته الطبيعية (03,0 )%حجماً من الهواء مما يؤدي الى مساهمة هذا الغاز في إرتفاع درجة حرارة الارض وهو ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري او تأثيرات البيت الزجاجي، وترتبط نسبته بنسبة الاوكسجين فكلما زادت نسبته قلت نسبة غاز ثنائي اوكسيد، اذا تستخدم النباتات جزءا من الغاز في عملية التركيب الضوئي وإن تقلص المساحات الزراعية وقلة النبات الطبيعي بسبب الاستخدام البشري ادت إلى بقاء كميات كبيرة من هذا الغاز في الجو، يؤدي هذا الغاز في حالة وجوده بتراكيز عالية إلى عدة أمراض اكثرها في الجهاز التنفسي مثل التهاب القصبات الهوائية والربو والانتفاخ الرئوي والضيق في التنفس وقد يصل الامر في التركيزات المرتفعة إلى حدوث تشنج في الحبال الصوتية وتخدش الاغشية المخاطية. [11]

**6)** SO2 :غاز ثنائي اوكسيد الكبريت وهو غاز غير قابل للاشتعال، عديم اللون ذو رائحة كريهة غير محتملة تسهم المصادر الطبيعيةً الى وصول تركيزه في الهواء الى (2,0 ) من المليون ويدخل في تكوين غاز ( SO2 ) الانفجارات البركانية والينابيع الحارة والمواد العضوية المتحللة أما المصادر البشرية فتتمثل في احتراق الوقود الحاوي على الكبريت وخاصة من حرق المتحجرات (الفحم الحجري) أو مشتقات النفط وافران الكوك وصهر المعادن وانتاج لب الخشب، وتسهم الصناعات النفطية والتعدين ومحطات توليد الطاقة الكهربائية بدرجة كبيرة بالتلوث بهذا الغاز.

- **مخاطر التلوث واسبابه**

إن أسباب هذه الزيادة الخطيرة في معدلات التلوث في العراق كثيرة ، لكن أبرزها الاكتظاظ الهائل في العاصمة، وعدم قدرتها على استيعاب أعداد كبيرة من النازحين من مختلف المحافظات العراق نتيجة الحرب ضد تنظيم داعش الارهابي ونتيجة تدمير مناطقهم وتأخر عملية اعمار مدنهم وعودتهم اليها اضافة الى من هجروا مزارعهم ومراعيهم بسبب موجات الجفاف الشديدة التي عصفت بمحافظات العراق بشكل عام خلال السنوات الماضية، وكان اثرها واضحا في المحافظات الوسطى والجنوبية بشكل خاص. ان الإحصاءات الحكومية تشير إلى أن عدد سكان بغداد وصل إلى ما يقارب 10 ملايين نسمة، وكربلاء إلى أكثر من 5 ملايين نسمة، وبالتالي فإن هذه الزيادة المطردة في أعداد السكان تؤدي إلى ضغط كبير على البنى التحتية العراقية، حيث أنها غير جاهزة لاستيعاب مثل هذه الأعداد الهائلة، وكذلك الزيادة في عدد المركبات، خاصة تلك التي لم تكن خاضعة لرقابة الجودة أو قانون يضمن حماية البيئة من انبعاثات عوادم المركبات، تسببت في زيادة كارثية في انبعاثات الغازات الخانقة والمواد المتطايرة، والتي تعد السبب الرئيسي للعديد من الأمراض السرطانية، وخاصة سرطان الرئة وأمراض أخرى. مثل السكتة الدماغية والقلب [12]

- **المجموعة الضبابية Fuzzy sets**

يعد الباحث (Lotfi zadeh) في عام (1965)هو أول من طرح فكرة المجموعة الضبابية .فمن المعروف في نظرية المجموعات الاعتيادية بان العنصر في المجموعة يأخذ قيمتين هما {0,1} فإذا كانت لدينا المجموعة الشاملة X وكانت Aهي مجموعة جزئية من المجموعة الشاملة X فان اي عنصر من عناصر المجموعة الشاملة أما ينتمي إلى المجموعة الجزئية A أو لا ينتمي إلى المجموعة الجزئية A.[13]

أما في نظرية المجموعات الضبابية فان العنصر في المجموعة يأخذ مجموعة قيم محصورة بين [0,1] مع درجة عضوية معينة ,أي أن العنصر يحدد من خلال درجة عضويته .

لذا فان المجموعة الضبابية تتصف بوجود دالة الانتماء(Membership function) أو دالة درجة العضوية.

$A=\{[\ x_i, \mu\tilde{A}_{(x_i)}\ ]\}$ $X=\{x_i, i=1,2,3\ldots,n\}$

حيث ان $\mu\tilde{A}_{(x_i)}$ دالة انتماء ودرجة عضوية العنصر $x_i$ في المجموعة A.

فعندما يأخذ العنصر درجة عضوية (1) فهذا يعني ان العنصر ينتمي بالتمام إلى المجموعة الضبابية وعندما تكون درجة العضوية (0) فهذا يعني أن العنصر لا ينتمي أطلاقا إلى المجموعة والدرجات الأخرى تتفاوت بين الصفر والواحد فعندما تكون درجة العضوية (0.5)فهذا يعني إن العنصر ينتمي بنسبة (0.5 ) إلى المجموعة الضبابية ولا ينتمي إلى المجموعة بالنسبة نفسها ويدعى

هذا العنصر بنقطة التوازن(Equilibrium point) وعندما تكون درجة العضوية (0.9) فهذا يعني أن العنصر ينتمي إلى المجموعة الضبابية بنسبة (0.9) ولاينتمي بنسبة (0.1) وهذا اقرب إلى العضوية من عدمه.
لذا فان نظرية المجموعة الضبابية هي توسيع لنظرية المجاميع الكلاسيكية (الاعتيادية)(Crisp set) وان نظرية المجاميع الاعتيادية هي حالة خاصة من نظرية المجاميع الضبابية .
قدم العديد من الباحثين تعاريف حول المجموعة الضبابية فقد عرفها الباحث kaufamm في عام 1975بأنها تلك المجموعة التي لا يكون فيها حدود واضحة بدقة بين تلك العناصر التي تنتمي وتلك التي لا تنتمي إليها.[14]
في حين عرفها الباحث Zimmerman والتي تعتبر أكثر التعاريف دقة عام 1988 وهو كالآتي:
اذا كانت X هي مجموعة ضبابية من العناصر يرمز لها عموما بالرمز x فان المجموعة الضبابية A في X هي مجموعة من الأزواج المرتبة.

$$A=\{x,\mu\widetilde{A}_{(x_i)}/x\epsilon X\}$$

إذا إن $\mu\widetilde{A}_{(x_i)}$ هي دالة العضوية إلى x في $\widetilde{A}$ التي هي دالة من X إلى M إذا إن M مجال العضوية المستمر في الفترة المغلقة[0,1].

- **الأعداد الضبابية (Fuzzy numbers )**

يعرف العدد الضبابي $\widetilde{A}$ بانه عبارة عن مجموعة ضبابية على خط الأعداد الحقيقي R ولابد أن يحقق الشروط التالية:

1- يوجد على الأقل عنصر واحد $X_0 \in R$ بحيث أن $\mu_{\widetilde{A}}=1$ .
2- $\mu\widetilde{A}_{(X)}$ هو زوج مرتب مستمر.
3- $\widetilde{A}$ لابد أن يكون طبيعي ومقعر او (محدب).[15]

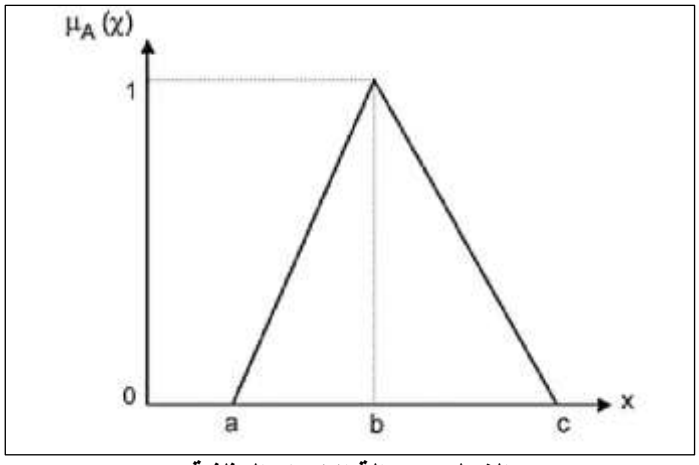
- **دالة الانتماء (The membership function)**

وهي دالة تعبر عن درجة الانتماء او درجة العضوية والتي تكون أعدادا حقيقية ضمن الفترة المغلقة [0,1] ويعبر عنها بدرجة العضوية أو الانتماء $M(F_{(x)})$ التي تمثل درجة انتماء العنصر من المتغير xإلى مجموعة المضببة وتمتلك مجموعة من الدوال الخطية وسيتم في بحثنا هذا الاعتماد على استخدام الدالة المثلثية:

- **الدالة المثلثية ( Triangular function)**

هي من أكثر دوال الانتماء وأكثرها شيوعا واستخداما وتمتلك هذه الدالة ثلاث معلمات أساسية (a،b،c) . اي عدد ضبابي مثلثي يمكن تمثيله بواسطة ثلاثة إعداد حقيقية.[16] ويمكن تمثيل الدالة المثلثة كما في الصيغة الاتية:

$$\mu\widetilde{A}_{(x_i)}=\begin{cases}\dfrac{(x-a)}{(b-a)} & a\le x\le b\\ 1 & x=b\\ \dfrac{(c-x)}{(c-b)} & b\le x\le c\end{cases} \quad (1)$$




**الشكل (1) دالة الانتماء المثلثية**

**اذ ان : a: الحد الأدنى. b: الحد الوسط (المركز). c:الحد الأعلى**

- **انموذج الانحدار الخطي الضبابي (المضبب) (Fuzzy Liner Regression)**

يستخدم أنموذج الانحدار المضبب الخطي لتقدير العلاقة الدالة بين متغير الاستجابة والمتغيرات المفسرة (التوضيحية) في محيط مضبب مع دالة خطية وبذلك سمي بالانحدار الخطي المضبب (FLR). وهناك ثلاثة اصناف للانحدار المضبب:
في نماذج الانحدار التقليدي يكون هنالك عدم تأكد يكون ناتج من العشوائية (Randomness) ولكن في حالة كون عدم التأكد ناتج من الضبابية (Fuzziness) فأن النظرية الاحتمالية لا يمكن استخدامها وإنما يتم استخدام نظرية المجموعات الضبابية.

ينتج عدم التأكد في الانحدار الضبابي في حال كانت العلاقة بين المتغيرات التوضيحية والمتغير المعتمد ضبابية، أو في حال كون البيانات نفسها ضبابية هذان النوعان يقودان إلى الأنواع الآتية من الانحدار الضبابي [17].

**1)** العلاقة بين المتغيرات ضبابية (المعلمات ضبابية).

**2)** البيانات تكون ضبابية والمعلمات قطعية وتقدر المعلمات بطريقة المربعات الصغرى الضبابية (Fuzzy Least Squares Method) (FLSM)

**3)** البيانات مضببة والمعلمات مضببة.

وسيتم الاعتماد في دراستنا على الانموذج الضبابي حيث تكون المدخلات حقيقية والمخرجات والمعلمات ضبابية.

$$\tilde{Y} = \quad \mathrm{f}\left(x,\tilde{\beta}\right) = \tilde{\beta}_0 + \tilde{\beta}_1 x_1 + \tilde{\beta}_2 x_2 \ldots + \tilde{\beta}_n \mathrm{x}_n + \varepsilon \qquad \mathrm{i} = 1,2,\ldots,\mathrm{n} \qquad (2)$$

اذ أن $\tilde{\beta}$ () :هي معلمات الأنموذج الضبابية، $\tilde{Y}$ : المتغير المعتمد الضبابي، $\mathrm{x}_1, \mathrm{x}_2, \ldots, \mathrm{x}_n$ : المتغيرات التوضيحية (المستقلة) غير ضبابية.

- **تقدير انموذج الانحدار الخطي الضبابي باستخدام المربعات الصغرى المضببة (Fuzzy Least Squares) (FLS)**

لتقدير انموذج انحدار خطي ضبابي يتم الاعتماد على طريقة المربعات الصغرى وبالاعتماد على الانموذج الضبابي يتكون انموذج الانحدار الضبابي الخطي للحصول على تقدير لمعلمات الانموذج الضبابي من خلال الخطوات التالية: [18]

$$\hat{\tilde{\beta}} = \mathrm{Min} \sum_{i=1}^{n} (\tilde{\mathrm{y}}_i - \tilde{\beta}_0 - \sum_{j=1}^{p} \tilde{\beta}_j x_{ij})^2 \quad , \quad \tilde{\beta} = \left(\tilde{\beta}_0, \tilde{\beta}_1, \ldots, \tilde{\beta}_n\right) \qquad (3)$$

وباشتقاق المعادلة اعلاه بالنسبة الى $\tilde{\beta}$ ومساواة المشتقة بالصفر نحصل على:

$$\hat{\tilde{\beta}}^{FLSE} = \arg\min \sum_{i=1}^{n} d^2(\tilde{\mathrm{y}}_i - \tilde{\mathrm{y}}_i^{\,*}) \qquad (4)$$

$$\begin{aligned} d_1 = (\tilde{\mathrm{y}}_i, \tilde{\mathrm{y}}_i^{\,*}) = \{&[\left(y_i{}^C - y_i{}^{*C}\right)^2 + [(y_i{}^C - x_i{}^L) - (y_i{}^{*C} - y_i{}^{*L})]^2 \\ &+ [(y_i{}^C - y_i{}^U) - (y_i{}^{*C} - y_i{}^{*U})]^2]\}^{1l2} \end{aligned} \qquad (5)$$

بعدها يتم الحصول على مقدرات انموذج الانحدار الضبابي التي سيتم استخدامها في تقدير انموذج الانحدار الخطي الضبابي.

- **مشكلة التعدد الخطي ( Multicollinearity Problem )**

إن أول من لاحظ مشكلة التعدد الخطي هو الإحصائي النرويجي ( Frisch ) عند تحليله لبيانات السلسلة الزمنية ، حيث لاحظ أن معظم الحالات توجد فيها درجة من التداخل بين المتغيرات المستقلة، إن تحليل البيانات لسلاسل زمنية خاصة بالمتغيرات الاقتصادية يظهر أن بعض المتغيرات المستقلة قد تتطور خلال فترة زمنية معينة لتتأثر بعوامل اقتصادية أخرى مما يؤدي إلى التداخل الخطي، علما أن ظاهرة التعدد الخطي خاصة بالنموذج الخطي المتعدد لأنها تدرس العلاقات بين المتغيرات التوضيحية، كذلك من الفروض الأساسية التي يقوم عليها أنموذج الانحدار الخطي المتعدد والتي يتأثر بها انموذج الانحدار الضبابي المتعدد عدم وجود علاقة بين المتغيرات المستقلة أو بين متغير مستقل وتركيبة خطية من المتغيرات المستقلة الأخرى، أي إن هذه الفرضية تدل على غياب التداخل الخطي المتعدد .[19]

التداخل أو الارتباط الخطي المتعدد أو الارتباط الخطي المتعدد هو مصطلح مركب من (Multi) متعدد و (co) مشترك أو متداخل أو مرتبط وخطي (linearity)، تحصل مشكلة التعدد الخطي عندما يرتبط اثنان او اكثر من المتغيرات المستقلة في علاقة خطية قوية جداً بحيث يصبح من الصعب فصل اثر كل متغير عن المتغير المعتمد في الواقع التطبيقي.

- **طريقة الكشف عن تعدد العلاقة الخطية**

توجد مقاييس عديدة تستخدم للكشف عن وجود تعدد العلاقة الخطية بين المتغيرات المستقلة وسيتم استخدام معامل تضخم التباين للكشف عن وجود مشكلة التعدد الخطي في البيانات الضبابية.

- **معامل تضخم التباين (VIF) ( Variance Inflation Factor )**

يستخدم عامل تضخم التباين كمعيار للكشف عن التداخل الخطي وتحديد المتغير التوضيحي المسؤول عن ذلك.

اقترح هذا المقياس من قبل الباحثين Farrar & Glauber(1967) وقد أطلق عليه (بعوامل تضخم التباين Variance Inflation Factors ويرمز له بالرمز (VIF) وعوامل تضخم التباين يمكن التعبير عنها بصيغة رياضية تأخذ الشكل الآتي :[20]

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \qquad \mathrm{j} = 1,2,3,\ldots,\mathrm{p} \qquad (6)$$

p : تمثل عدد المتغيرات التوضيحية.

$R_j^2$ : معامل التحديد لنموذج انحدار المتغير المستقل $x_j$ على بقية المتغيرات التوضيحية وأن $0 \le R_j^2 \le 1$.

$$R_j^2 = \frac{\left\| \hat{x}_{ij} - \bar{x}_j \right\|^2}{\sum_{i=1}^{n} \left\| x_{ij} - \bar{x}_j \right\|^2} \quad (7)$$

من اجل تطوير (VIF) لتطبيقه مع انموذج الانحدار الضبابي للمتغيرات الضبابية يتم حسابه كما في الصيغة التالية:

$$R_{Gj}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} d^2(\hat{x}_{ij}, \bar{x}_j)}{\sum_{i=1}^{n} d^2(x_{ij}, \bar{x}_j)} \quad (8)$$

$$VIF_{Gj} = \frac{1}{1 - R_{Gj}^2} \quad (9)$$

وقد اقترح ( Gunst & Mason ،1980 )، أنه إذا كان : $VIF_j > 5$ فذلك يعمي احتمال وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات التوضيحية، وهذا سيكون سبباً كافيا لإهمال المتغير $x_j$ من التحليل أو استخدام طريقة أخرى بديلة عن المربعات الصغرى الضبابية في التقدير، أما إذا كان المتغير $x_j$مستقلاً عن بقية المتغيرات التنبؤية الأخرى فإن ($R^2$= 0 ) وبذلك تكون قيمة (VIF= 1) ويعني هذا عدم وجود مشكلة التعدد الخطي بين المتغيرات التنبؤية والذي سيتم اعتماده كمقياس للكشف عن وجود تعدد خطي في البيانات الضبابية.

➢ **طريقة انحدارالحرف الضبابي Fuzzy Ridge Regression**

انحدار الحرف الضبابي Fuzzy Ridge regression يعتبر من التقنيات المتخصصة في تحليل بيانات الانحدار المتعددة التي تعاني من مشكلة التعدد الخطي Multicollinearity وقد اظهرت هذه الطريقة فعالية في التخلص من مشكلة تعدد العلاقة الخطية ،اذ إن التداخل بين المتغيرات التوضيحية يؤدي إلى كبر حجم تباين المقدرات والإرباك في اختلاف العلاقات النسبية بين المتغيرات التنبؤية ومتغير الاستجابة عند استعمال طريقة المربعات الصغرى الضبابية وبناءً على هذه الطريقة سيتم استخدامها في انموذج الانحدار الضبابي لحل مشكلة التعدد الخطي لنموذج تكون المدخلات غير ضبابية والمخرجات والمعلمات ضبابية . حيث يتم استخدام الطريقة بإيجاد قيمة ثابتة λ تدعى بمعلمة التحيز Biasing Parameter ، وهي كمية موجبة صغيرة تضاف الى عناصر قطر مصفوفة المعلومات X'X وفائدة ذلك هو تقليل قيم عناصر قطر معكوس مصفوفة المعلومات الذي يؤدي الى خفض قيم تباينات المعلمات المقدرة عند ابتعاد المتغيرات التوضيحية عن الاستقلالية اي عند ارتفاع قوة الارتباط بين ازواج المتغيرات التوضيحية الضبابية، فإن اضافة الثابت λ بقيم صغيرة تعمل على تغيير سريع في قيم المعاملات المقدرة ومع زيادة قيمة λ تبدأ تلك القيم بالاستقرار تدريجياً الى ان تصل الى حد يكون التغير فيها طفيفا وثابت الاشارة، وكلما كان استقرار المعلمات سريعا دل على ان المتغيرات التوضيحية قريبة من الاستقلالية .

من خلال المعادلة رقم (2) اذا استطعنا ايجاد محدد المصفوفة $(X^T X)$والقيم المميزة لها اذا لاتوجد مشكلة التعدد الخطي اما اذا لم نستطع ايجاد محدد المصفوفة اذا لا يمكن ايجاد الجذور المميزة.

ولحل هذه المشكلة من خلال استخدام انموذج انحدار الحرف وانموذج الانحدار الضبابي للتقدير معالم النموذج لتعطي تقديرات للمعلمات تقلل مجموع مربعات الخطأ كالاتي:

$$\tilde{Y} = \mathrm{x}\tilde{\beta} + \tilde{\varepsilon} \qquad \hat{\tilde{\beta}} = (\mathrm{X'X})^{-1}\,\mathrm{X'}\tilde{Y}$$

باستخدام طريقة المربعات الصغرى الضبابية للتقدير نحصل على المعادلة التالية:

$$RSS(\lambda) = (y - x\beta)^t (y - x\beta) + \lambda\beta^t\beta$$

$\lambda \ge 0$ وهي معلمة موجبة تتحكم بحجم المعاملات.

$$RSS = \sum_{i=1}^{n} (\tilde{y}_i - \tilde{\beta}^t x_i)^2 \qquad \mathrm{t} \le \sum_{j=1}^{p} \tilde{\beta}_j^2 \quad , \quad \mathrm{t} < 0 \quad (10)$$

وباستعمال مضاعف لاكراتج Lagrange Multiplier يمكن ان تكتب المعادلة (10) باستخدام الانموذج الضبابي كالاتي:

$$\mathrm{RSS} = \arg\min\Big(\sum_{i=1}^{n} (\tilde{y}_i - x_i^T\tilde{\beta})^2 + \lambda \sum_{i=1}^{p} \tilde{\beta}_j^2\Big) \quad (11)$$

الاول: $\sum_{i=1}^{n}(y_i - x_i^T\beta)^2$ الجزء الخاص بمجموع الاخطاء المربعة Sum term(SSE) Square Error

هو دالة الجزاء $\lambda \sum_{j=1}^{p} \beta_j^2$ والثاني :

$$\hat{\beta} = argmin((\tilde{y} - x\tilde{\beta})^t(\tilde{y} - x\tilde{\beta})) + \lambda\tilde{\beta}^t\tilde{\beta}$$

$$\hat{\beta} = \text{RSS} + \lambda \sum_{j=1}^{p} \tilde{\beta}_j^2$$

$$\hat{\beta}_R = [(\text{X}'\text{X}) + \lambda I_p]^{-1} \text{x}'\tilde{y} \quad (12)$$

$$\text{PRSS}(\beta) = \sum_{i=1}^{n} |m_{y_i} - m_{\hat{y}_i}| + |l_{y_i} - l_{\hat{y}_i}| + + |r_{y_i} - r_{\hat{y}_i}| + \lambda \sum_{i=1}^{p} \tilde{\beta}_j^2 \quad (13)$$

وللحصول على افضل مقدر من خلال استخدام اصغر MPE للمقارنة $\hat{\beta}_{(\lambda)}^{Ridge}$ لمعلمة لانكراج $\lambda$ والمعرفة باسم Ridge او معامل التحيز وهي المعلمة التي تتحكم في حجم المعاملات ومقدار التضخم ،حيث تساعد على اقتراب المعلمات من الصفر(ولكن لا تساوي صفر) فكلما كان القيد اكبر او مقدار الجزاء كلما كان المعامل اصغر.

ونظراً الى فرضية البيانات التي يجب ان تخضع الى دالة مثلثية triangular fuzzy function من الاعداد الضبابية لذلك سوف نستخدم الدالة المثلثية في الانموذج الضبابي

ويتم الحصول على القيم المقدرة لمعلمات الأنموذج بطريقة انحدار الحرف الضبابي FRR المقدر.[21]

$$\hat{\tilde{\beta}}_{(\lambda)}^{Ridge} = \arg \text{Min } PRSS(\tilde{\beta}) \quad (14)$$

$\hat{\beta}_{(\lambda)}^{Ridge}$ : متجه المعلمات المقدرة بأسلوب إنحدار الحرف الضبابي

$\lambda$ : معلمة التحيز (معلمة الحرف الضبابي)

## 3. الجانب العملي (التطبيقي)

سيتم الاعتماد في هذا البحث على بيانات تم الحصول عليها من وزارة البيئة العراقية عن معامل تأثير جودة الهواء (AQI) والذي يعتبر معيارا اساسيا لقياس تلوث الهواء وهل هو جيد او مقبول او سيء للأشخاص الحساسين ام خطير من خلال ستة عوامل والمتمثلة (co2,o3, so2, pm10, pm2.5,NO2) حيث يتم قياسها في الجو عن طريق استخدام محطات منتشرة في كافة المحافظات يتم القياس في خلالها، وتم اخذ المعدل لشهر تشرين الثاني للعام 2022عن طريق اخذ ثلاث قراءات لمؤشر تأثير جودة الهواء في اليوم الواحد ولجميع المحافظات وبمعدل (8) ساعات ويتم الحكم على الاثار الصحية من خلال قياس معامل تأثير جودة الهواء والجدول رقم (1) الاتي يبين معيار الحكم على معامل جودة تأثير الهواء.

**جدول (1): معيار الحكم على معامل جودة تأثير الهواء[22]**

| IQA | الآثار الصحية | بيان تحذيري | المخاطر |
|---|---|---|---|
| 0 - 50 | جيد | وتعتبر جودة الهواء مرضية، كما أن تلوث الهواء لا يشكل خطراً يُذكر | لا شيء |
| 50 - 100 | معتدل | جودة الهواء مقبولة. ومع ذلك ، فبالنسبة لبعض الملوثات قد يكون هناك قلق صحي معتدل لعدد قليل جداً من الأشخاص الذين لديهم حساسية غير عادية لتلوث الهواء. | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، أن يحدوا من الجهد في الهواء الطلق لفترات طويلة. |
| 100 - 150 | غير صحي للمجموعات الحساسة | قد يواجه أعضاء المجموعات الحساسة آثارًا صحية. من غير المحتمل أن يتأثر عامة الناس. | ينبغي على الأطفال والبالغين النشطين والأشخاص الذين يعانون من أمراض في الجهاز التنفسي، مثل الربو، أن يحدّوا من أي عمل مجهد طويل في الهواء الطلق. |
| 150 - 200 | غير صحي | قد يعاني معظم الناس من الآثار الجانبية التي تؤثر على الصحة؛ أما الأفراد الذين لديهم وضع صحي حساس فقد يعانون من مشاكل صحية خطيرة | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، تجنب الإطالة في الهواء الطلق لفترات طويلة؛ يجب على أي شخص آخر، وخاصة الأطفال، الحد من المجهود الخارجي الطويل |
| 200 - 300 | غير صحي للغاية | تحذيرات صحية لظروف الطوارئ. من المرجح أن يتأثر جميع السكان. | يجب على الأطفال والبالغين النشطين، والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي، مثل الربو، تجنب كل مجهود بالخارج؛ يجب على أي شخص آخر، وخاصة الأطفال، الحد من الجهد بالخارج. |
| 300 - 500 | خطير | تنبيه صحي: قد يعاني الجميع من آثار صحية أكثر خطورة | يجب على الجميع تجنب كل جهد خارجي |

يتبين من الجدول (2) ان اعلى قيمة لمعامل جودة تأثير الهواء هي 220 في محافظة البصرة وترتفع خلال النهار لتصل 399 وان اقل قيمة 42 في محافظة دهوك اما محافظة بغداد فقد بلغت القيم 110 وهي اعلى من المتوسط العام الذي بلغ بحدود 89، ومن خلال المقارنة مع جدول المعايير نجد ان كل محافظات العراق خرج عن نطاق الملوثات التي لا تؤثر على صحة الانسان، 5 محافظات تقع ضمن المدى المعتدل، والي يجب على الأطفال والبالغين النشطين والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز

التنفسي مثل الربو أن يحدوا من الجهد في الهواء الطلق لفترات طويلة. وهنالك 8 محافظات تقع ضمن المدى غير الصحي للمجموعات الحساسة والتي ينبغي على الأطفال والبالغين النشطين والأشخاص الذين يعانون من أمراض في الجهاز التنفسي مثل الربو أن يحدّوا من أي عمل مجهد طويل في الهواء الطلق. وهنالك 6 محافظات تقع ضمن المدى غير الصحي والذي يجب فيه على الأطفال والبالغين النشطين والأشخاص الذين يعانون من أمراض الجهاز التنفسي مثل الربو تجنب الإطالة في الهواء الطلق لفترات طويلة ويجب على أي شخص آخر وخاصة الأطفال الحد من المجهود الخارجي الطويل. وان محافظة واحدة هي البصرة تقع ضمن المدى الخطير والذي يجب فيه على الجميع تجنب كل جهد خارجي.

**جدول (2): البيانات التي جمعها من قبل وزارة البيئة العراقية لمعامل جودة الهواء والعوامل التي تؤثر عليه**

| المحافظة | $Y_L$ | $Y_M$ | $Y_R$ | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| البصرة | 169 | 220 | 399 | 33.81 | 90.63 | 90.63 | 7.50 | 332.88 | 307.50 |
| الانبار | 97 | 109 | 150 | 6.81 | 55.88 | 86.19 | 0.69 | 26.81 | 36.88 |
| اربيل | 49 | 79 | 154 | 40.38 | 62.00 | 108.19 | 14.31 | 15.88 | 75.00 |
| سليمانية | 52 | 55 | 113 | 31.50 | 40.50 | 63.69 | 1.00 | 3.88 | 35.63 |
| دهوك | 37 | 42 | 61 | 47.63 | 17.13 | 50.88 | 0.38 | 1.13 | 17.50 |
| كركوك | 74 | 87 | 153 | 35.00 | 60.88 | 157.69 | 5.63 | 11.69 | 23.50 |
| المثنى | 63 | 68 | 93 | 12.81 | 32.00 | 38.69 | 5.31 | 27.13 | 28.81 |
| القادسية | 72 | 90 | 140 | 13.50 | 51.38 | 79.31 | 5.63 | 65.31 | 60.88 |
| ديالى | 76 | 80 | 93 | 12.69 | 31.88 | 42.69 | 5.31 | 35.63 | 41.50 |
| صلاح الدين | 79 | 107 | 126 | 11.69 | 46.00 | 67.69 | 5.38 | 166.13 | 58.38 |
| نينوى | 50 | 63 | 100 | 22.63 | 35.31 | 54.63 | 6.31 | 8.69 | 66.38 |
| كربلاء | 89 | 106 | 147 | 5.50 | 54.31 | 78.88 | 5.50 | 76.88 | 57.19 |
| واسط | 63 | 65 | 127 | 36.38 | 46.00 | 71.50 | 5.38 | 15.00 | 25.81 |
| حلبجة | 45 | 54 | 60 | 23.50 | 16.88 | 27.00 | 0.38 | 1.50 | 16.13 |
| النجف | 80 | 94 | 177 | 7.00 | 107.19 | 158.81 | 6.13 | 184.88 | 115.31 |
| بابل | 104 | 111 | 160 | 5.38 | 74.13 | 107.50 | 6.00 | 179.63 | 88.50 |
| ذي قار | 59 | 73 | 124 | 64.88 | 45.00 | 45.00 | 5.31 | 9.69 | 10.19 |
| ميسان | 64 | 89 | 140 | 67.50 | 51.31 | 70.00 | 5.31 | 7.88 | 10.00 |
| بغداد | 89 | 110 | 156 | 5.63 | 66.00 | 87.08 | 7.00 | 120.92 | 208.88 |

ولصياغة انموذج يمثل ظاهرة التلوث في محافظات العراق تم بناء انموذج انحدار ضبابي [17]، وتم اختبار البيانات للتأكد من مشكلة التعدد الخطي، وسيتم تقدير معلمات الانموذج بطريقة المربعات الصغرى الضبابية وطريقة انحدار الحرف الضبابية من خلال استخدام برنامج R. وتم اعتماد الانموذج الاتي لبيان تأثير العوامل المؤثرة على معامل جودة الهواء.

$$\tilde{Y}= \tilde{\beta}_0 + \tilde{\beta}_1 x_1 + \tilde{\beta}_2 x_2 + \tilde{\beta}_3 x_3 + \tilde{\beta}_4 x_4 + + \tilde{\beta}_5 x_5 + \tilde{\beta}_6 x_6 + \tilde{\varepsilon} \qquad (15)$$

حيث يمثل $\tilde{Y}$ ثلاث قياسات لمعدل تأثير جودة الهواء حيث ان $\mathbf{Y_L}$ تمثل قياس معدل تأثير جودة الهواء خلال الليل اما $\mathbf{Y_R}$ يمثل قياس معامل جودة الهواء خلال ساعات ما بعد الظهيرة اما $\mathbf{Y_M}$ تمثل قياس معدل تأثير جودة الهواء خلال ساعات الصباح. اما العوامل المؤثرة على معامل جودة الهواء ومقدار التلوث في بيئة محافظات العراق تمثل الاتي:

$\mathbf{X_{1=O3}}$ , $\mathbf{X_{2=PM2.5}}$ , $\mathbf{X_{3=PM10}}$ , $\mathbf{X_{4=CO}}$, $\mathbf{X_{5=SO2}}$ , $\mathbf{X_{6=NO2}}$

- **اختبار مشكلة التعدد الخطي في البيانات**

يتم اكتشاف وجود تعدد خطي في البيانات اي وجود علاقة بين المتغيرات المستقلة من خلال استخراج معاملات الارتباط للمتغيرات التوضيحية، والذي يوضحها الجدول رقم (3)، نلاحظ وجود علاقة ارتباط قوية بين بعض المتغيرات، وللتأكد من وجود مشكلة التعدد الخطي تم إيجاد قيم معاملات تضخم التباين (VIF) والجدول رقم (4) يبين هذه النتائج، ويتضح من خلال هذه المعاملات وجود مشكلة التعدد الخطي لان هنالك قيمتين اكبر من 5.

**جدول (3): معاملات الارتباط بين المتغيرات التوضيحية**

| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $X_1$ | 1 | -0.2257 | -0.1798 | 0.0387 | -0.3574 | -0.2639 |
| $X_2$ | -0.2257 | 1 | **0.8147** | 0.4830 | **0.7316** | 0.6545 |
| $X_3$ | -0.1798 | **0.8147** | 1 | 0.3987 | 0.3820 | 0.3087 |
| $X_4$ | 0.0387 | 0.4830 | 0.3987 | 1 | 0.2789 | 0.3875 |
| $X_5$ | -0.3574 | **0.7316** | 0.3820 | 0.2789 | 1 | **0.8424** |
| $X_6$ | -0.2639 | 0.6545 | 0.3087 | 0.3875 | **0.8424** | 1 |

**جدول (4): معاملات تضخم التباين**

| | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| VIF | 1.2132 | **8.8671** | 4.5602 | 1.4614 | **5.4304** | 3.9452 |

## 4. النتائج

### ➢ تقدير معلمات الانموذج الضبابي

ان طريقة المربعات الصغرى الضبابية لا تصلح لاستخدامها في حالة وجود مشكلة التعدد الخطي وللمقارنة بينها وبين طريقة انحدار الحرف الضبابي سيتم استخراج المقدرات والمقارنة بينهم. تم تقدير معلمات النموذج الضبابي باستخدام كل من طريقة المربعات الصغرى الضبابية (FLS) وطريقة انحدار الحرف الضبابي (FRR) وكانت مقدرات المعلمات كما الجدول رقم (5) الاتي:

**جدول (5): التقديرات الضبابية لمعلمات انموذج الانحدار الضبابي**

| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}$ | FLS | | | FRR | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_0$ | 50.941 | 50.020 | 21.417 | 51.067 | 50.109 | 25.584 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_1$ | -0.018 | 0.209 | 1.054 | -0.022 | 0.193 | 0.962 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_2$ | 0.398 | 0.284 | 0.965 | 0.372 | 0.294 | 0.847 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_3$ | -0.101 | -0.081 | -0.001 | -0.088 | -0.078 | 0.042 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_4$ | 1.320 | 0.144 | 0.714 | 1.278 | 0.131 | 0.246 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_5$ | 0.161 | 0.228 | 0.237 | 0.158 | 0.216 | 0.249 |
| $\widetilde{\boldsymbol{\beta}}_6$ | 0.104 | 0.164 | 0.445 | 0.107 | 0.168 | 0.411 |

وبذلك يمكن صياغة نموذج الانحدار الضبابي المقدر بطريقة المربعات الصغرى الضبابية (FLS) كما يأتي:

$$\hat{Y}_{FLS} = (50.941,\ 50.020,\ 21.417) + (-0.018,\ 0.209,\ 1.054,)X_1 + (0.398,\ 0.284,\ 0.965)X_2 + (-0.101,\ -0.081,\ -0.001)X_3 + (1.320,\ 0.144,\ 0.714)X_4 + (0.161,\ 0.228,\ 0.237)X_5 + (0.104,\ 0.164,\ 0.445)X_6$$

كما يمكن صياغة انموذج الانحدار الضبابي المقدر بطريقة انحدار الحرف الضبابي كالآتي.[18]

$$\hat{Y}_{FRR} = (51.067,\ 50.109,\ 25.584) + (-0.022,\ 0.193,\ 0.962,)X_1 + (0.372,\ 0.294,\ 0.847)X_2 + (-0.088,\ -0.078,\ 0.042)X_3 + (1.278,\ 0.131,\ 0.246)X_4 + (0.158,\ 0.216,\ 0.249)X_5 + (0.107,\ 0.168,\ 0.411)X_6$$

وقد تم الحصول على القيم المقدرة للمتغير المعتمد بناءً على الانموذجين أعلاه وكما يأتي:

**جدول (6): القيم الحقيقية والمقدرة للمتغير المعتمد**

| Actual | | | FLS | | | FRR | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Y_1$ | $Y_2$ | $Y_3$ | $\hat{Y}_1$ | $\hat{Y}_2$ | $\hat{Y}_3$ | $\hat{Y}_1$ | $\hat{Y}_2$ | $\hat{Y}_3$ |
| 169 | 220 | 399 | 152.714 | 200.835 | 354.847 | 151.976 | 199.014 | 346.129 |
| 97 | 109 | 150 | 71.543 | 72.396 | 104.707 | 71.441 | 73.073 | 104.733 |
| 49 | 79 | 154 | 55.342 | 81.160 | 150.625 | 56.004 | 81.892 | 152.706 |
| 52 | 55 | 113 | 63.019 | 69.524 | 109.700 | 63.000 | 69.839 | 108.203 |
| 37 | 42 | 61 | 53.218 | 63.790 | 95.876 | 53.495 | 63.507 | 95.400 |
| 74 | 87 | 153 | 55.429 | 67.565 | 126.089 | 56.282 | 68.254 | 128.578 |
| 63 | 68 | 93 | 59.861 | 68.803 | 81.221 | 59.877 | 69.004 | 83.923 |
| 72 | 90 | 140 | 72.487 | 85.092 | 123.702 | 72.561 | 85.297 | 125.312 |
| 76 | 80 | 93 | 62.091 | 72.442 | 88.638 | 62.185 | 72.608 | 91.204 |
| 79 | 107 | 126 | 87.855 | 106.786 | 139.565 | 87.589 | 105.708 | 142.705 |
| 50 | 63 | 100 | 58.983 | 72.306 | 106.393 | 59.328 | 72.824 | 107.422 |
| 89 | 106 | 147 | 75.496 | 86.343 | 119.290 | 75.462 | 86.552 | 121.485 |
| 63 | 65 | 127 | 59.320 | 71.774 | 115.275 | 59.362 | 71.974 | 115.545 |
| 45 | 54 | 60 | 55.900 | 60.468 | 69.710 | 55.938 | 60.489 | 70.518 |
| 80 | 94 | 177 | 110.982 | 129.302 | 222.831 | 110.555 | 129.253 | 221.708 |
| 104 | 111 | 160 | 99.605 | 118.159 | 176.186 | 99.262 | 117.578 | 177.714 |
| 59 | 73 | 124 | 58.705 | 75.826 | 136.213 | 58.263 | 75.461 | 133.282 |
| 64 | 89 | 140 | 58.324 | 75.697 | 144.521 | 58.055 | 75.456 | 141.660 |
| 89 | 110 | 156 | 100.124 | 123.731 | 207.610 | 100.364 | 124.216 | 204.773 |

**جدول (7): معايير المقارنة**

| | FLS | FRR |
|---|---|---|
| **MSE** | 378.1038 | 375.2908 |
| **MAE** | 14.79362 | 14.76004 |

## 5. المناقشة والاستنتاجات

1. ان الهواء هو العنصر الاساسي في الحياة ومن خلال الاطلاع على الجدول رقم (2) نلاحظ ان هناك محافظات سجلت معامل تأثير جودة الهواء بنسبة خطيرة قد يعاني معظم الناس من آثار جانبية تؤثر على صحتهم. أما الأفراد الذين لديهم وضع صحي حساس ، فقد يعانون من مشاكل صحية خطيرة.
2. بلغ معدل تأثير معامل الهواء في محافظة البصرة اعلى نسبة تلوث والذي يعكس اثاره الجانبية خطيرة على جميع السكان والتي يجب على الجميع تجنب كل جهد خارجي.
3. ان البيانات عانت من مشكلة التعدد الخطي وذلك بطبيعية البيانات وتأثير كل متغير على الاخر في معدل التلوث.
4. تقديم نصيحة لفئات يجب على المجتمعات الحساسة للتلوث، مثل كبار السن والأطفال، الذين يعانون من مشاكل في الجهاز التنفسي أو القلب والأوعية الدموية أو القلب والأوعية الدموية، تجنب المجهود في الهواء الطلق.
5. ان للعامل co2 ذا تأثير ايجابي كلما زادت قيمته في الجو بمقدار وحدة واحدة سوف يزداد مقدار معامل جودة تأثير الهواء تقريبا بمقدار 0.131.
6. ان للعامل O3 الملوث له تأثير إيجابي في انموذج الانحدار أي ان زيادة بمقدار وحدة واحدة سيودي الى زيادة معامل تأثير جودة الهواء تقريبا بمقدار 0.193
7. ان للعامل pm2.5 الملوث له تأثير إيجابي في انموذج الانحدار أي ان زيادة بمقدار وحدة واحدة سيودي الى زيادة معامل تأثير جودة الهواء تقريبا بمقدار0.294 .
8. ان للعامل .pm10 الملوث له تأثير ايجابي في انموذج الانحدار أي ان زيادة بمقدار وحدة واحدة سيؤدي الى زيادة معامل تأثير جودة الهواء تقريبا بمقدار 0.042 .
9. ان للعامل so2 الملوث له تأثير إيجابي في انموذج الانحدار أي ان زيادة بمقدار وحدة واحدة سيؤدي الى زيادة معامل تأثير جودة الهواء تقريبا بمقدار 0.216.
10. ان للعامل No2 الملوث له تأثير إيجابي في انموذج الانحدار أي ان زيادة بمقدار وحدة واحدة سيؤدي الى زيادة معامل تأثير جودة الهواء تقريبا بمقدار 0.168 .
11. ان طريقة استخدام انحدار الحرف الضبابي اعطت تقديرات افضل من طريقة المربعات الصغرى الضبابية من خلال مقارنة قيم MSE فقد اعطت طريقة التقدير باستخدام انحدار الحرف اقل MSE.

**المصادر**


**[1]** Reda, A. R. M. A., & Al-Shammari, A. K. H. "Spatial analysis of air pollution in suspended particles and heavy elements in urban centers in Wasit Governorate". Al-Qadisiyah Journal For Humanities Sciences, 23(3), 29-69.(2020).

**[2]** AL-Rubayi, Israa Talib . Al Saadi, Ahmed Hammoud." Spatial analysis of air pollutant concentrations in the city of Musayyib and its health effects". Ph.D. thesis in environment geography, College of Education for Human Sciences at the University of Karbala, 2021.

**[3]** Al-Rubaei Dawood Jasim, Al-Baghdadi A.S.N., and Altglbe Z.A.R.A.H., "Geographical Analysis of Air Pollution inAl-Najaf Governorate", Adab Al-Kufa.2015 .1(22), 85-120.

**[4]** [4] Mousa, Ali Hasan, Bioclimatology, Ninawa Publishing House, Damascus, Syria. 2002.

**[5]** Mousa,Ali Hasan, Environmental pollution, Fikr House, Damascus, Syria. 2nd Ed.2006.

**[6]** Chiquetto, J.B.; Silva, M.E.S.; Cabral-Miranda, W.; Ribeiro, F.N.D.; Ibarra-Espinosa, S.A.; Ynoue, R.Y. "Air Quality Standards and Extreme Ozone Events in the São Paulo Megacity", Sustainability 2019, 11, 3725. https://doi.org/10.3390/su11133725

**[7]** Arideep Mukherjee, Madhoolika Agrawal, "A Global Perspective of Fine Particulate Matter Pollution and Health Effects", Environmental Contamination and Toxicology, 3, 2017, p63

**[8]** Ayd, Shaker Abed "Variation in the concentrations of air pollutant at Babylon governorate", MSc. Thesis, College of Education at the University of Basrah,.2012.

**[9]** Enad, Abbas Majeed Abdel-Ahad, Awni Adwar "Evaluation and effects of gaseous concentration of CO and SO2 on the air around AL jadriya region" Al-Mustansiriyah Journal of Science, 2015, 26, 1, P.P 20-26.

**[10]** AL-Alali, Israa Adel Rasool. "Assess the quality of air Basra province". Journal of College of Education for Women, 2016, 27.3.PP 967-979.

**[11]** Chapagain, Narayan P. "Ozone hole and its healing". Journal of TUTA Tri-Chandra Campus Unit, 2016, 7: 99-102.

**[12]** Zhisheng Li et al, "Sources, health effects and control strategies of indoor fine particulate matter (PM2.5)", Science of the Total Environment, 586, 2017. p. 612.

**[13]** Gebray, G. and Reddy, B.K. "Fuzzy Set Field and Fuzzy Metric", Advances in Fuzzy Systems, Volume. 2014, Article ID 968405, pp.1-8.

**[14]** Abran, A. Software Development Effort Estimation Using Regression Fuzzy Models. Computational Intelligence and Neuroscience, Volume 2019 | Article ID 8367214 , pp.1-17.

**[15]** Shemail, A.H. and Mohammed, M.J. "Semi Parametric Logistic Regression Model with the Outputs Representing Trapezoidal Intuitionistic Fuzzy Number". Journal of Economics and Administrative Sciences, ., 2022, 28(133).

**[16]** Nareshkumar, S. and Ghuru, S. "Solving Fuzzy Transportation Problem Using Symmetric Triangular Fuzzy Number". International Journal of Advanced Research in mathematics and applications, 1(1), 2014, pp.74-83.

**[17]** Muniz, G. and Kibria, B.M.G. On Some Ridge Regression Estimators: An Empirical comparisons. Communication in Statistics. Simulation and Computation, 38(3), 2009,pp.621-626.

**[18]** Duzan, H. and Shariff, N.S.M.. "Ridge Regression for solving the Multicollinearity Problem: review of Methods and Models". Journal of Applied Statistics, 15(3), 2015,pp.392-404.

**[19]** Farrar, E.D. and Glauber, R.R.,. "Multicollinearity in regression analysis: The problem revisited. The Review of Economics and Statistics", 49(1), 1967, pp.92-107.

**[20]** O'Brien, R.M.,. A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. Quality & Quantity, 41, 2007,pp.673-690

**[21]** Hyoshin Kim & Hye-young Jong, "Ridge Fuzzy Regression Modelling for solving multicollinearity ",Mathematics 8(9).

**[22]** World's Air Pollution: Real-time Air Quality Index, Available at: https://waqi.info/ar/, Last visit : 2023\5\22.

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences (2023); Issue 54; 279 – 291

AL- Rafidain University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Available online at: https://www.jrucs.iq

JRUCS

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

# Estimate the Factors Affecting Air Pollution in Iraq Using Fuzzy Regression Models

| Rawya E. Kareem | Mohammed J. Mohammed |
|---|---|
| rawya.emad1101a@coadec.uobaghdad.edu.iq | m.jasim@coadec.uobaghdad.edu.iq |
| Department of statistics, College of Administration and Economics, University of Baghdad, Baghdad, Iraq | |

**Article Information**

**Article History:**
Received: January, 8, 2023
Accepted: March, 3, 2023
Available Online: December, 31, 2023

**Keywords:**
Fuzzy regression, Fuzzy least squares method, Air effect coefficient, Ridge fuzzy regression.

**Correspondence:**
Rawya E. Kareem
rawya.emad1101a@coadec.uobaghdad.edu.iq

**Abstract**

*Human existence depends on air, and the health of humans is positively correlated with air quality. Pollutants have recently entered the air, and there are several changes that have an impact on the air's purity. In order to determine the extent of air pollution in all regions of the earth, an index was built to identify air pollution based on several variables called the Air Impact Coefficient. In order to show the most influential variables on this coefficient, a regression model was built, and since the air effect coefficient is inaccurate, the fuzzy regression model was used in the parameters and the dependent variable, or the explanatory variables, so they were decisive. In our research, a fuzzy regression model was built for air pollution in Iraq, and the parameters of the model were estimated to determine the factors that have a greater impact on air pollution in Iraq, after collecting data from the Iraqi Ministry of Environment on the Air Quality Impact Coefficient (AQI), it is regarded as a fundamental criterion for determining whether air pollution is good, acceptable, or bad for sensitive people or dangerous through six factors representing the explanatory variables (CO2, O3, SO2, PM10.PM2.5, and NO2), whose data is clear. It is measured in the air using stations dispersed throughout all governorates. For a whole month, data was collected by taking three readings every day, every eight hours, for every governorate. The data was tested to confirm the multicollinearity issue and revealed that the issue exists. For this reason, the model parameters will be estimated using fuzzy ridge regression.*

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.598