مجلة العلوم الاقتصادية | المجلد 17/ العـدد: 1 (2022)، ص173-187

دراسة قياسية وتنبؤيه لفيروس كوفيد19 في الجزائر باستخدام النماذج الرمادية

Standard and predictive study of COVID-19 virus in Algeria using gray models

طهراوي مختار *	قادري رياض
مخبر LEPPESE المركز الجامعي مغنية (الجزائر)	مخبر LEPPESE المركز الجامعي مغنية (الجزائر)
tahraoui.mokhtar.enssea@gmail.com	kadri.riadh@yahoo.fr

تاريخ الاستلام: 2021/09/02 تاريخ القبول: 2022/01/23

ملخص:

تمحورت إشكالية الدراسة حول نجاعة النماذج الرمادية بالتنبؤ بإصابات فيروس كورونا التراكمي بالجزائر اعتمادا على عينة صغيرة، ولهذا الغرض قسمت الدراسة إلى مبحثين حيث تطرقنا في المبحث الأول إلى إحصائيات ومفاهيم عن فيروس كورونا في الجزائر، أما في المبحث الثاني، فقد كان خاص بالدراسة التطبيقية التي حاولنا من خلالها التنبؤ بإصابات فيروس كورونا التراكمي في الجزائر للفترة الممتدة بين 01 – 08 – 2021 و15 – 08 – 2021 من خلال عينة من الإصابات ممتدة هي الأخيرة من 28 – 07 إلى 31–07 من سنة 2021، وبعد إجراء مختلف مراحل المنهجية الرمادية والتي يرمز لنموذجها بـ GM(1,1) وبالاعتماد على برنامج Matlab، توصلنا إلى الإصابات المتنبؤ بها وبعد مقارنتها مع القيم الحقيقية توصلنا إلى دقة النموذج بالتنبؤ خاصة خلال الخمسة أيام الأولى، وبناءا على معايير قياس جودة النموذج (إحتمالية الخطأ الصغير P، ومعدل الخطأ اللاحق C) تم استنتاج دقة النموذج وجودته، مما يمكن الاعتماد على نتائجه في اتخاذ قرارات وتدابير وقائية قصيرة المدى بهدف مجابهة الجائحة

كلمات مفتاحية: النماذج الرمادية، كوفيد19، التنبؤ، دراسة قياسية.

Abstract:

The problematic of the study was about the efficacy of gray models in predicting cumulative covid19 infections in Algeria based on a small sample, for this purpose, the study was divided into two sections, where in the first section we touched on statistics about the covid19 in Algeria, as for the second section, it was related to the applied study for predict the cumulative infections of the covid19 in Algeria for the period between 01-08-2021 and 08-15-2021 through a sample of infections extended from 28-07 to 31- 07 of 2021, and after conducting the various stages of GM(1,1) methodology and based on the Matlab program, we arrived at the predicted injuries and after comparing them with the real values, we reached the accuracy of the model in prediction, especially during the first five days, and based on the criteria for measuring the quality of the model we concluded the accuracy of this model, which can rely on its results in take short-term decisions and measures for combating to the pandemic

Keywords: *covid19. Forecast. Gray model. Econometric study*

* المؤلف المرسل

1. مقدمة:

ظهر فيروس كورونا المعروف بـ: كوفيد 19 لأول مرة بالصين بمدينة ووهان وذلك في ديسمبر 2019، كان في البداية مجرد التهابات رئوية لأسباب غير معروفة، وسرعان ما اجتاح العالم في وقت قصير لا يتجاوز الشهر، وكباقي دول العالم قد مس هذا الفيروس بلدنا الجزائر، مما أدى بالبلاد إلى دخول حالة طوارئ وتجنيد كافة الوسائل لمجابهة هذه الظاهرة التي مست آثارها كل الجوانب الاجتماعية، السياسية، والاقتصادية. ويعد التنبؤ في الجوائح أحد الوسائل الفعالة للتخطيط للإجراءات الواجب اتباعها لمجابهة أضرار الفيروس المستقبلية، لذلك لابد من الدقة في التنبؤ، فكلما كانت الدقة في النتائج ومخرجات النموذج، كلما كانت الاحتياطات والقرارات لمواجهة هذه الظاهرة في محلها.

ومن هذا المنطلق سنحاول في هذه الورقة البحثية تسليط الضوء على هذه الظاهرة من الناحية القياسية، حيث ستدور إشكالية الدراسة حول: **ما مدى نجاعة النماذج الرمادية للتنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر؟**

وللإحاطة بهذه الإشكالية قمنا بصياغة الفرضيات التالية:

- يمكن التنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر بالاعتماد على النماذج الرمادية، نظرا لمبدأ هذه الأخيرة التي تطبق في حالة المعلومة الغير كاملة؛
- مخرجات التنبؤ بالاعتماد على النماذج الرمادية دقيقة ويمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات لمواجهة الظاهرة والتخفيف من مخاطرها.

وتهدف دراستنا للتطرق إلى ظاهرة فيروس كوفيد 19 في الجزائر، ثم تطبيق النماذج الرمادية والمعروفة بـ **GM(1,1)** للتنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر انطلاقا من عينة معطيات صغيرة، والتأكد من نجاعتها ودقتها.

وللإحاطة بالإشكالية السابقة وبلوغ هذا الهدف قسمنا دراستنا إلى جزئين نظري وتطبيقي: حيث سنتطرق في الجزئ النظري إلى عموميات حول ظاهرة كوفيد 19 في الجزائر، أما في الجزء التطبيقي فسنسعى إلى تطبيق النماذج الرمادية للتنبؤ بعدد الإصابات في الجزائر ودراسة مدى دقته.

2. فيروس كوفيد19 في الجزائر

1.2 ماهو فيروس كوفيد 19

هو المرض الناجم عن فيروس كورونا المستجد المسمى فيروس كورونا سارس – 2، وقد اكتشفت منظمة الصحة هذا الفيروس المستجد لأول مرة في 31 ديسمبر 2019، بعد الإبلاغ عن مجموعة من حالات الالتهاب الرئوي الفيروسي في ووهان بجمهورية الصين الشعبية، وقد سجلت أول إصابة في الجزائر في 24 فيفري2020 (موقع منظمة الصحة العالمية، 2021).

2.2 سلالات فيروس كوفيد 19

حسب منظمة الصحة العالمية توجد 4 سلالات لفيروس كورونا لحد الآن وهي كالتالي:

- سلالة ألفا أو كما كانت تسمى سابقا السلالة البريطانية؛
- سلالة بيتا، وكانت تعرف سابقا باسم سلالة جنوب افريقيا؛
- سلالة غاما، وتعرف سابقا بالسلالة البرازيلية؛
- سلالة دالتا، وتعرف سابقا بالسلالة الهندية .

نجدها ملخصة في الجدول التالي مع التسميات العلمية :

الشكل رقم1: سلالات فيروس كورونا

تسمية السلالة وفقا لتصنيف منظمة الصحة العالمية	تسمية السلالة حسب تصنيف "بانغو" (Pango)	تسمية الشكل المتغاير/ السلالة حسب تصنيف المبادرة العالمية لتبادل جميع بيانات الإنفلونزا	تسمية الشكل المتغاير حسب تصنيف مشروع نيكست سترين (Nextstrain)	أولى العيّنات الموثّقة	تاريخ التسمية
ألفا Alpha	بي 117 B.1.1.7	جي آر واي GRY (سابقا جي آر/501 واي في 1 formerly GR/501Y.V1)	20 آي/إس 501 واي في 1 20I/S:501Y.V1	المملكة المتحدة، سبتمبر/أيلول 2020	18 ديسمبر/كانون الأول 2021
بيتا Beta	بي 1351 B.1.351	جي إتش/501 واي في 2 GH/501Y.V2	20 إتش/إس 501 واي في 2 20H/S:501Y.V2	جنوب أفريقيا، مايو/أيار 2020	18 ديسمبر/كانون الأول 2020
غاما Gamma	بي 1 P.1	جي آر/ 501 واي في 3 GR/501Y.V3	20 جي/إس 501 واي في 3 20J/S:501Y.V3	البرازيل نوفمبر/تشرين الثاني 2020	11 يناير/كانون الثاني 2021
دلتا Delta	بي 16172 B.1.617.2	جي/452 آر في 3 G/452R.V3	21 إيه/إس 478 كيه 21A/S:478K	الهند أكتوبر/تشرين الأول 2020	المتحور المثير للاهتمام: 4 أبريل/نيسان 2021 المتحور المثير للقلق: 11 مايو/أيار 2021

المصدر: (موقع الجزيرة، 2021)

3.2 إصابات فيروس كوفيد19 في الجزائر

يمثل الجدول الموالي، البيانات الشهرية للإصابات الجديدة لفيروس كورونا في الجزائر ممتدة من فيفري 2020 إلى جويلية 2021.

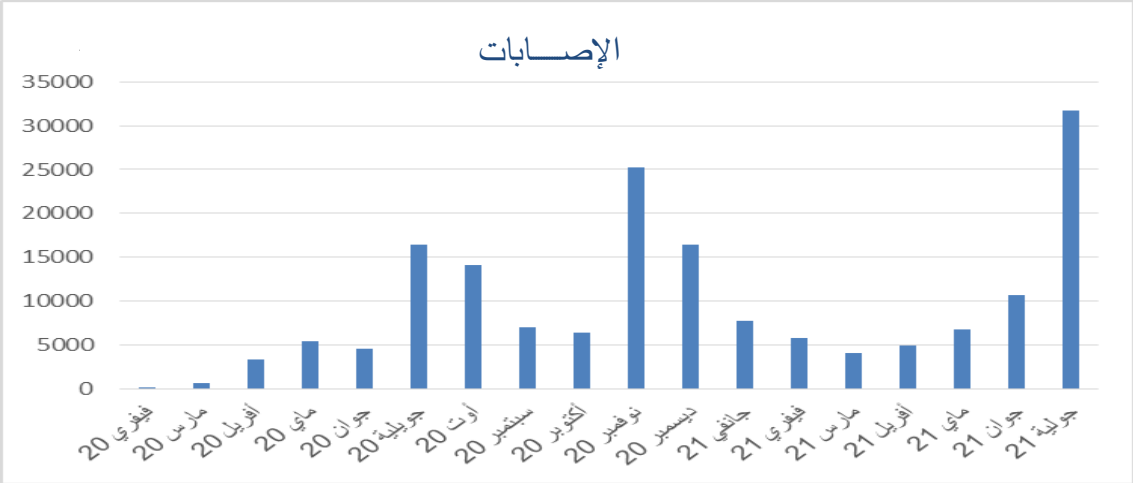
الجدول رقم1: إحصاءات شهرية للإصابات الجديدة لفيروس كوفيد19

الإصابات	الأشهر
1	فيفري 20
583	مارس 20
3290	أفريل 20
5388	ماي 20
4513	جوان 20
16487	جويلية 20
14100	أوت 20
7036	سبتمبر 20
6412	أكتوبر 20
25257	نوفمبر 20
16411	ديسمبر 20
7729	جانفي 21
5753	فيفري 21
4100	مارس 21
4916	أفريل 21
6805	ماي 21
10713	جوان 21
31766	جويلية 21

المصدر : (موقع عالمنا في البيانات، 2021)

وللتوضيح أكثر قمنا بنمذجة البيانات على الشكل البياني التالي:

الشكل رقم2: التمثيل البياني لإصابات كوفيد19 الشهرية



المصدر : مخرجات برنامج Excel 2013 بالاعتماد على البيانات السابقة

من الشكل البياني السابق يمكن ملاحظة أن عدد الإصابات الجديدة قد بلغ أول ذروة له في شهر جويلية 2020 حيث بلغت عدد الإصابات الجديدة في هذا الشهر 16487 وذلك راجع أنه لم تتخذ كل التدابير اللازمة لمجابهة الفيروس، وكذلك توافق هذا الشهر مع عيد الأضحى حيث تكثر الزيارات مما يسهل انتشار الفيروس بسرعة، ليأخذ بعدها عدد الإصابات في التراجع بسبب تدارك الأمر والأخذ أكثر بالتدابير الوقائية، ثم ثاني ذروة كانت في نوفمبر 2020 حيث بلغ عدد الإصابات 25257 لأنه في هذه الفترة أخذ الفيروس في التطور بأعراض جديدة وخطورة أكثر، لتتراجع بعدها عدد الإصابات بعد تدارك الأمر بالاعتماد على تدابير وقائية أشد صرامة، ثم كانت الذروة الثالثة في جويلية 2021 وكانت أكبر ذروة بحصيلة : 31766 حيث تزامت هذه الفترة مع فصل الصيف وعيد الأضحى كذلك حيث تكثر الزيارات ويغفل الكثير عن التدابير الوقائية.

4.2 لقاحات كوفيد-19 في الجزائر

1.4.2 لقاح SPUTNIK-V

وهو لقاح ضد فيروس كورونا تم تطويره في روسيا، ونسب إسمه "سبوتنيك في" لأول قمر صناعي فضائي سوفياتي، وقد تم تطوير هذا اللقاح في أوائل مارس 2020، وذلك بتمويل من صندوق الاستثمار المباشر الروسي (RDIF)، ويتم أخذ اللقاح على شكل جرعتين منفصلتين الأولى ثم الثانية (Baraniuk, C., 2021, p. 01).

2.4.2 لقاح CORONAVAC

هو لقاح ضد فيروس كورونا من تطوير شركة سينوفاك الصينية، يأتي على شكل جرعتين تفصل بين الجرعة الأولى والثانية بين أسبوعين إلى 4 أسابيع (Tanriover, 2021, p. 213) .

3.4.2 لقاح ASTRA-ZENECA

يعرف كذلك باسم ChAdOx1nCov-19، هو لقاح ضد فيروس كورونا من إنتاج شركة آسترازينيكا البريطانية-السويدية بتعاون مع جامعة أكسفورد، وافقت المملكة المتحدة عليه في 30 ديسمبر 2020 (ويكيبيديا، لقاح أكسفورد-آسترازينيكا، 2021).

4.4.2 لقاح MRNA-1273

هو لقاح ضد فيروس كورونا، من إنتاج شركة موديرنا الأمريكية، في 1 ماي 2021 تم ترخيص استخدامه من طرف منظمة الصحة العالمية، ينصح بإعطائه للبالغين 18 سنة فما فوق (ويكيبيديا، لقاح موديرنا، 2021) .

5.4.2 لقاح PFIZER-BIONTECH

وهو لقاح ضد فيروس كورونا يستخدم في الحالات الطارئة، من تطوير وبتعاون كل من شركتي: فايزر و بيونتيك، يوصى بأولوية إعطائه للعاملين الصحيين وكبار السن 65 سنة فما فوق (موقع منظمة الصحة العالمية، 2021).

3. الدراسة التطبيقية التنبؤية بإصابات فيروس كوفيد 19 في الجزائر

1.3 دراسات سابقة تنبؤية بفيروس كوفيد19

تعددت الدراسات حول التنبؤ في مجال فيروس كوفيد 19 وذلك لما له أهمية في التخطيط المستقبلي لمجابهة الفيروس من كل النواحي، وسنذكر في ما يلي أحدث الدراسات والتي انتهجت مختلف الطرق القياسية في هذا المجال:

نبدأ بالدراسة التي قام فيها الباحث بتطوير نموذج للتنبؤ بحالات كوفيد 19 المستقبلية في الهند، بالاعتماد على نماذج ARIMA، وهذا النموذج صالح للتنبؤ للفترة 14 أفريل 2020 إلى 3 ماي 2020، أما عينة الدراسة فتمثلت في معطيات الإصابات من 22 جانفي إلى 13 أفريل من نفس السنة، بعد تطبيق منهجية بوكس جنكينز توصل الباحث إلى أن النموذج الأمثل هو ARIMA(2,2,2) وبناءا على اختبارات دقة النموذج تم اعتماده للتنبؤ بالإصابات المستقبلية (Tandon, 2020).

في دراسة أخرى يعتمد الباحث في دراسته على نماذج ARIMA بهدف التنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر، بالاعتماد على عينة من الإصابات اليومية ممتدة من 25 فيفري إلى 25 ماي من سنة 2020، وذلك للتنبؤ بالحالات المؤكدة خلال الفترة 26 ماي إلى 10 جوان، وبعد فحص استقرارية السلسة، واعتمادا على معيار تدنية الكمية لـ AKAIKE توصل الباحث إلى أن نماذج ARIMA (1,1,1) هي النموذج الأمثل في هذه الحالة، واستخلص أن عدد الإصابات بفيروس كورونا سيستمر بالارتفاع خلال شهر جوان 2020 (ساهد، 2020).

في نفس السياق، اعتمد الباحث في دراسته على كل من منهجية نماذج ARIMA و منهجية الشبكة العصبونية، في التنبؤ بإصابات فيروس كوفيد 19 في الهند، وتم تطبيق المنهجية على عينة من البيانات ممتدة من 31 جانفي 2020 إلى 25 مارس 2020، بهدف التنبؤ بالإصابات الجديدة لـ 50 يوم الموالية، وقد حدد الباحث نموذج ARIMA(1,1,0) هو النموذج الملائم فيما يخص نماذج ARIMA، أما بالنسبة للشبكات العصبونية فقد اعتمد على خوارزمية Levenberg–Marquardt للتدريب بقيمة R^2 جد عالية تقدر بـ 0,97، وبعد المقارنة بين دقة النموذجين توصل الباحث إلى أن الدقة جد متقاربة، واستخلص أن هناك ارتفاع في عدد حالات الإصابات بما يعادل 1500 حالة يوميا (Khan، 2020).

في الدراسة الموالية، قام الباحث بنمذجة إصابات فيروس كورونا لعدة دول وهي كالآتي: ألمانيا، المملكة المتحدة، فرنسا، إيطاليا، روسيا، كندا، تركيا، واليابان للفترة الممتدة بين 22 جانفي 2020 و 22 مارس 2020، واعتمد في دراسته على منهجيتين؛ بوكس جنكينز ومنهجية التمهيد الأسي (هولت وينتر)، وتوصل إلى النماذج المناسبة لكل بلد وكانت كالتالي: اليابان (نموذج هولت وينتر)، ألمانيا ((ARIMA(1,4,0))، فرنسا ((ARIMA(0,1,3)) في هذه الدول كانت النتائج ذات دلالة إحصائية ولكن غير مطابقة للواقع، أما بالنسبة للمملكة المتحدة (نموذج هولت وينتر)، كندا(نموذج هولت وينتر)، إيطاليا (نموذج هولت وينتر) وتركيا ((ARIMA(1,4,0)) وكانت نتائج هذه الأخيرة أكثر موثوقية ومطابقة للواقع (Yonar، 2020).

في دراسة مغايرة، سعى فيها الباحث لبناء نموذج للتنبؤ بمخاطر فيروس كورونا، حيث اعتمد في دراسته على منهجية التعليم الآلي (machine Learning)، حيث تقوم الطريقة على أخذ عينة أولية تدريبية ، ثم العينة التالية المراد دراستها، حيث يقوم النموذج وبناءا على بعض الصفات التالية : الجنس، العمر، الاتصال المعروف مع فرد مصاب، ظهور خمسة أعراض سريرية أولية، وعلى أساس هذه الصفات يتنبؤ النموذج بإصابة الفرد أو لا (Zoabi, 2021).

في دراسة حديثة بأندونيسيا، يسعى فيها الباحث للتنبؤ بمسار فيروس كورونا في بلاده، وذلك بهدف أخذ الاحتياطات والتجهيزات، ولتحقيق دراسته قام الباحث باستخدام نموذجين؛ نموذج الرسول وهو نموذج حديث على الفيسبوك

(PROPHET) ونموذج ARIMA، وقد توصل الباحث في الأخير إلى أن النموذج الحديث PROPHET أكثر دقة من نماذج ARIMA (Satrio, 2021).

وكدراسة أخيره في هذا المجال، حاول الباحث بناء نموذج محسن قائم على النماذج الرمادية GM(1,1)، بهدف التنبؤ بانتشار الوباء في مواقع مختلفة من الهند، وبعد إجراء عدة اختبارات لتقييم أداء النماذج الرمادية GM(1,1) و NGM(1,1,k)، لاحظ الباحث أن دقة التبنؤ بالنماذج السابقة مرضية، ونتائجها تتماشى مع متوسط حالات الإصابات (Saxena, 2021).

2.3 النماذج الرمادية للتنبؤ GM(1,1)

1.2.3 تعريف النماذج الرمادية

تستخدم النماذج الرمادية للتنبؤ في حالة عينة صغيرة، حيث 4 معطيات تكفي لتقدرير النموذج، وكذلك في حالة معلومات ضعيفة أو غير مستقرة، وقد تم اقتراح نظرية النماذج الرمادية أول مرة من قبل العالم الصيني دينغ في الثمانينات، التسمية الأصلية باللغة الانجليزية Gray model والنموذج الشائع هو نموذج GM(1,1) (Qian, 2020, p. 3)

2.2.3 خطوات التنبؤ باستخدام النماذج الرمادية GM(1,1)

- يفترض أن سلسلة البيانات الأصلية هي على الشكل التالي:

$$X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), X^{(0)}(4), \ldots\ldots, X^{(0)}(t)) \quad t \geq 4 \qquad (1)$$

ومن هذا المنطلق تكون خوارزمية النموذج كالتالي:

1) تكوين سلسلة ناتجة عن عملية توليد تراكمية من الرتبة 1 حيث أن X^1 يمثل متسلسلة الرتبة الأولى لسلسلة X^0 وهي كالتالي (حسين، 2017، صفحة 621):

$$X^{(1)} = (X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), X^{(1)}(4), \ldots\ldots, X^{(1)}(t)) \qquad (2)$$

- حيث أن :

$$X^1(t) = \sum_1^n X^0(t) \; ; \quad t = 1, 2, 3, \ldots, n \qquad (3)$$

2) تحديد المعلمات (a,b) (Ceylan, 2021, p. 3):

- المعادلة التفاضلية من الرتبة الأولى GM(1,1) تكون كما يلي:

$$X^{(0)}(t) + aZ^1(t) = b \; ; \quad t = 2, 3, \ldots, n \qquad (4)$$

- حيث :

$$Z^{(1)}(t) = \mu X^{(1)}(t)+(1-\mu) X^{(1)}(t-1) ; \quad t=2,3,\ldots,n \qquad (5)$$

- تحديد المعلمات a,b :

$$\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = [B^T B]^{-1} B^T Y \qquad (6)$$

$$Y = \begin{bmatrix} X^{(0)}(2) \\ X^{(0)}(3) \\ X^{(0)}(4) \\ X^{(0)}(5) \\ . \\ . \\ X^{(0)}(t) \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} -Z^{(1)}(2) & 1 \\ -Z^{(1)}(3) & 1 \\ -Z^{(1)}(4) & 1 \\ -Z^{(1)}(5) & 1 \\ . & \\ . & \\ -Z^{(1)}(t) & 1 \end{bmatrix}$$

- يمثل a : المعامل النامي أو المطور؛
- يمثل b : المعامل القائد أو المسيطر؛
- يمثل u : المعلمة الديناميكية وتأخذ القيمة 0,5.

3) تحديد نموذج التنبؤ ويكون حسب المعادلة التالية :

$$\hat{x}^1_{(t+1)} = \left[X^{(0)}(1) - \frac{b}{a}\right] e^{-at} + \frac{b}{a} \qquad (7)$$

4) الحصول على القيم المتنبأ بها عبر العملية العكسية للتوليد التراكمي عبر المعادلة التالية (حسين، 2017، صفحة 622):

$$\hat{x}^1_{(t+1)} = \hat{x}^1_{(t+1)} - \hat{x}^1_{(t)} \qquad (8)$$

3.3 الدراسة التطبيقية التنبؤية بإصابات كوفيد 19 باستخدام النماذج الرمادية GM(1,1)

1.3.3 تعريف بيانات الدراسة

لتحقيق دراستنا التنبؤية أخذنا عدد الإصابات الإجمالي التراكمي في الجزائر للفترة : 28-07-2021 إلى 31 – 07 – 2021 بهدف التنبؤ بعدد الإصابات الإجمالي التراكمي للفترة 01- 08 – 2021 إلى 15 – 08 – 2021 من جهة، واختبار دقة النموذج في التنبؤ في حالة عينة صغيرة من جهة أخرى، وقد أخذنا عدد الإصابات التراكمي لأن نتائج التنبؤ بالنماذج الرمادية تكون أكبر دقة عند أخذ بيانات ذات اتجاه واحد (متزايدة أو متناقصة)، وقد اعتمدنا على برنامج MATLAB وبرنامج EXCEL في الحصول على مختلف النتائج.

الجدول رقم2: إصابات فيروس كورونا التراكمية

الأيام	عدد الإصابات الإجمالي التراكمي
2021-07-28	167131
2021-07-29	168668
2021-07-30	170189
2021-07-31	171392

المصدر: (موقع عالمنا بالبيانات، 2021)

خلال الفترة المبينة في الجدول أعلاه تتسم البيئة المحيطة بالفيروس بالاستقرار، من ناحية التدابير الوقاية والبروتوكول العلاجي المتبع، مما سيزيد من دقة عملية التنبؤ ويؤدي إلى نتائج أكثر واقعية، كذلك نلاحظ من الجدول زيادة في عدد الإصابات اليومية خلال هذه الفترة بمعدل 1420 إصابة يوميا

2.3.3 نتائج الدراسة

- السلسلة الأصلية:

$$A = [167131\ 168668\ 170189\ 171392]$$

- بعد تقدير المعلمات a و b باستخدام برنامج Matlab تحصلنا على النتائج التالية:

$$\mathbf{a}=-0.008,\ \mathbf{b}=166709$$

- ومنه فإن معادلة النموذج الرمادي GM(1,1) تكتب على الشكل التالي:

$$F(t) = (A(1) + \frac{166709}{0.008})e^{0.008(t-1)} - \frac{166709}{0.008}$$

- قياس جودة النموذج:

يبين الجدول التالي المعايير التي تحدد دقة وجودة التنبؤ باستخدام النماذج الرمادية:

الجدول رقم3 : معايير قياس جودة النموذج

درجة دقة التنبؤ	احتمالية الخطأ صغير (p)	معدل الخطأ اللاحق (c)
ممتاز	$p \geq 0.95$	$0.35 \geq c$
كفؤ	$0.95 > p \geq 0.80$	$0.50 \geq c > 0.35$
بالكاد مؤهل	$0.80 > p \geq 0.70$	$0.65 \geq c > 0.50$

غير مؤهل	$0.70 > p$	$c > 0.65$

المصدر : (Yang، 2018، صفحة 02)

في هذه الحالة وبالاعتماد على مخرجات برنامج Matlab تحصلنا على:

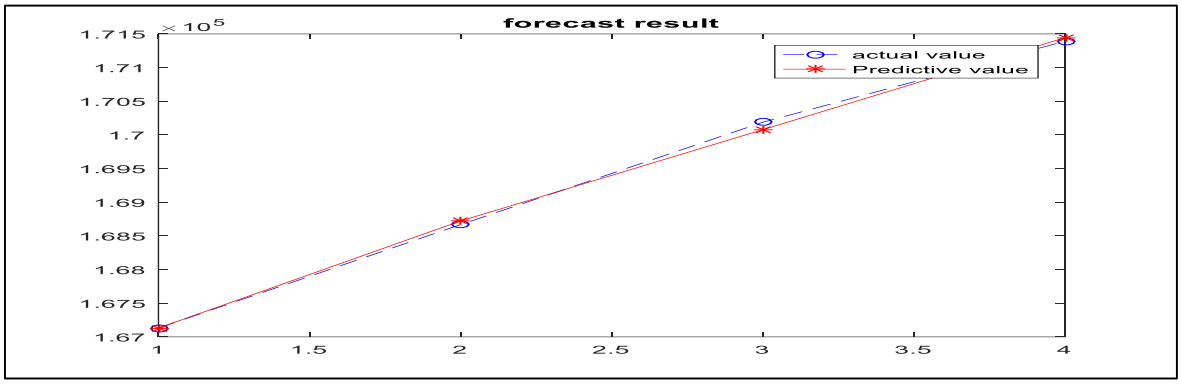
$$C = 0.0018 \text{ و } p=1$$

ومنه : $p \geq 0.95$ أي احتمالية أن يكون الخطأ صغير جدا مرتفعة للغاية أكثر من 95%، وهذا دليل أولي على دقة النموذج المحصل عليه؛

$C \leq 0,35$ أي أن نسبة الخطأ اللاحق من التنبؤ باستخدام المنهجية الرمادية، جد صغير لا يتجاوز 35% وقدر في دراستنا بـ 0,0018 وهذا دليل على دقة النموذج، مما يسمح باستخدام هذا الأخير في التنبؤ بالإصابات التراكمية المستقبلية، والاعتماد على نتائجه.

في الشكل الموالي تمثيل بياني لمحاكات النموذج لسلوك الظاهرة، حيث يمثل لنا كل من القيم الواقعية والقيم المتنبؤ بها

الشكل رقم3 : التمثيل البياني لمحاكات النموذج لسلوك سلسلة الإصابات التراكمية



المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام برنامج **Matlab**

يتبين لنا من الشكل السابق، تطابق كبير بين القيم الحقيقية لإجمالي الإصابات والتي هي ممثلة باللون الأزرق والقيم المتوقع بها باللون الأحمر، ما يؤكد على قدرة النموذج على محاكات سلوك السلسلة مما يمكن من الاعتماد عليه في التنبؤ.

- النتائج المتوقع بها كانت كالتالي :

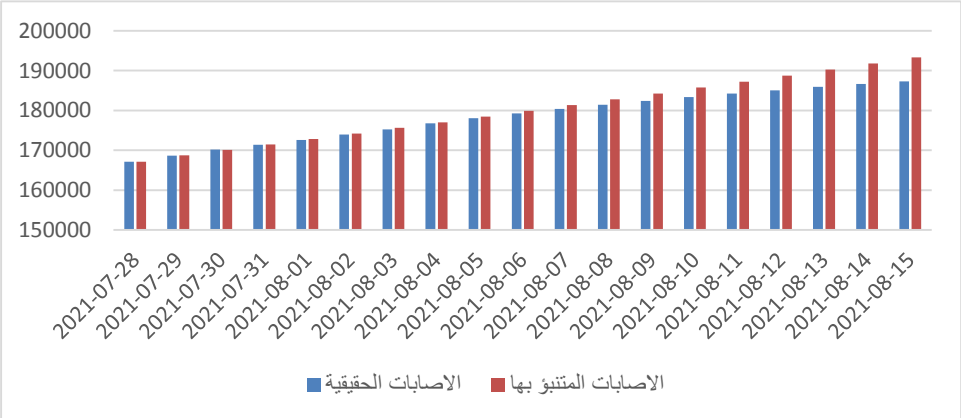
الجدول رقم4: نتائج التنبؤ باستخدام النموذج الرمادي **GM(1,1)**

الأيام	عدد الإصابات الإجمالي التراكمي المبتنؤ به
2021-08-01	172823,42
2021-08-02	174212,48
2021-08-03	175612,71
2021-08-04	177024,18
2021-08-05	178447,01
2021-08-06	179881,27
2021-08-07	181327,05
2021-08-08	182784,46
2021-08-09	184253,58
2021-08-10	185734,51
2021-08-11	187227,34
2021-08-12	188732,17
2021-08-13	190249,09
2021-08-14	191778,21
2021-08-15	193319,61

المصدر: من إعداد الباحثين باستخدام مخرجات برنامج Matlab

فيما يلي التمثيل البياني للقيم الحقيقية والمتوقع بها :

الشكل رقم 4: مقارنة بين الإصابات الحقيقية والمتنبؤ بها



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على برنامج EXCEL

يتبين لنا تطابق كبير بين الإصابات التراكمية الحقيقية والمتنبؤ بها خلال الفترة 28-07 – 2021 إلى 04 – 08-2021، كما يظهر لنا من الشكل رقم 4، تقارب كبير بين القيم وابتداءا من نهاية هذه الفترة نلاحظ فروقات صغيرة جدا بين القيم الحقيقية والمتنبؤ بها.

4. قراءة و تحليل النتائج:

- بعد معاينة سلسة الإصابات الشهرية الممتدة من فيفري 2020 إلى جويلية 2021، بين لنا الشكل رقم2 عدم استقرارية سلوك الفيروس في الجزائر، حيث لاحظنا 3 ذروات عبر 3 أشهر: جويلية 2020، نوفمبر 2020 وجويلية 2021، وهي عادة أشهر تكون الحركة فيها غير عادية كالأعياد، الدخول المدرسي، موسم الاصطياف مما يؤدي إلى اختلال تطبيق البروتوكول الصحي وهذا ما يؤدي إلى تغير سريع في سلوك سلسلة الإصابات بالجزائر، ما يصعب عملية التنبؤ
- نظرا لصعوبة التنبؤ في ظل التغير السريع للظاهرة، أخذنا عينة محدودة من الإصابات بفيروس كورونا التراكمية اليومية ممتدة من 28-07-2021 إلى 31- 07 – 2021، حيث تميزت هذه الفترة الزمنية باستقرار في القرارات والبروتوكولات الصحية، مما يساعد على القيام بعميلية تنبؤ صحيحة وتكون نتائجها أكثر واقعية
- وبعد تطبيق مختلف مراحل منهجية النماذج الرمادية GM(1 ,1)، على العينة السالف ذكرها بهدف التنبؤ بالإصابات لـ15 يوم الموالية، وبالاعتماد على معياري: احتمالية الخطأ صغير (p) ومعدل الخطأ اللاحق (c) استنتجنا دقة النموذج المحصل عليه: حيث كانت p أكبر من 0,95 و C أصغر من 0,35 وهي دلالة إحصائية على أن درجة دقة التنبؤ ممتازه
- وبعد مقارنة النتائج المتنبؤ بها مع النتائج الحقيقية تبين لنا أن: دقة التنبؤ عالية خاصة خلال الفترة الممتدة بين 28 – 07 – 2021 و 05-08-2021 وابتداءا من هذه الأخيرة تأخذ الفروقات بين القيم الحقيقية والمتنبؤ بها في الزيادة بشكل ملحوظ وذلك راجع لعوامل أخرى مؤثرة لم تؤخذ في هذه الدراسة، ولكن تبقى النتائج قريبة من الأمر الواقع، ما يمكن متخذي القرار من الاعتماد على هذه المنهجية في اتخاذ القارارت على الأمد القصير

5. الخاتمة :

يعد التبنؤ بالجوائح بصفة عامة وفيروس كورونا بصفة خاصة أحد المواضيع التي تثير اهتمام الباحثين بشكل كبير لما له من أهمية ملموسة وواقعية لدى متخذي القرار، وكما لاحظنا من خلال الدراسات السابقة في هذا المجال تعددت الطرق القياسية المستخدمة بهدف الحصول على قيم تنبؤية واقعية وأكثر دقة، وعلى هذا النهج ومن خلال مراحل هذه الدراسة تمكنا من عرض إحدى الطرق الحديثة في التنبؤ واختبار دقتها بهدف الإجابة على إشكالية الدراسة التي تمثلت في مدى نجاعة النماذج الرمادية بالتنبؤ بإصابات فيروس كورونا في الجزائر، حيث أكدت النتائج فرضية أنه يمكن

الاعتماد على النماذج الرمادية في التبنؤ بإصابات فيروس كورونا، ويمكن الاعتماد عليها في حالة شح المعطيات وكذلك الاعتماد على نتائجها في اتخاذ القرارات في المدى القصير، كما أظهرت نتائج دراستنا أن مخرجات النموذج الرمادي جد دقيقة و مطابقة للقيم الحقيقية خاصة للفترة القصيرة المقدرة بخمسة أيام ، وبعدها لاحظنا فروقات بين القيم الحقيقية و القيم المتنبؤ بها ولكن تبقى قريبة من الواقع،على اثر هذا نطرح التوصيات التالية :

- الاهتمام أكثر بمجال التنبؤ في الجوائح والأزمات لما يقدمه من معلومات مستقبلية تمكن من تجنب أضرار ثقيلة والتخطيط الأمثل لمجابهة الأضرار؛

- توفير قواعد إحصائية دقيقة ومتجددة بشكل دائم حتى تمكن الباحث من دراسة الظاهرة بشكل أمثل ودقيق، ويتسم النموذج المتوصل إليه بدقة عالية وفعالية متينة؛

- محاولة تهجين النماذج الرمادية مع نماذج الانحذار الخطي، حتى نتمكن مستقبلا من إدراج كل المتغيرات التي تؤثر على سلوك الإصابات في الجزائر، ويزيد من دقة التنبؤ.

قائمة المراجع

مقالات باللغة الأجنبية

1) Baraniuk, C. (2021). Covid-19: What do we know about Sputnik V and other Russian vaccines? *bmj, 372*, 1-2.
2) Ceylan, Z. (2021). Short-term prediction of COVID-19 spread using grey rolling model optimized by particle swarm optimization. *Applied Soft Computing, 109*, 1-10.
3) Satrio, C. B. (2021). Time series analysis and forecasting of coronavirus disease in Indonesia using ARIMA model and PROPHET. *Procedia Computer Science, 179*, 524-532.
4) Saxena, A. (2021). Grey forecasting models based on internal optimization for Novel Corona virus (COVID-19). *Applied Soft Computing, 111*, 1-20.
5) Tanriover, M. D. (2021). Efficacy and safety of an inactivated whole-virion SARS-CoV-2 vaccine (CoronaVac): interim results of a double-blind, randomised, placebo-controlled, phase 3 trial in Turkey. *The Lancet, 398*, 213-222.
6) Zoabi, Y. D.-R. (2021). Machine learning-based prediction of COVID-19 diagnosis based on symptoms. *npj digital medicine, 4*, 1-5.
7) Qian, W. &. (2020). An improved seasonal GM (1, 1) model based on the HP filter for forecasting wind power generation in China. *Energy, 209*, 1-15.
8) Tandon, H. R. (2020). Coronavirus (COVID-19): ARIMA based time-series analysis to forecast near future. *arXiv: Populations and Evolution*, 1-11.
9) H., Yonar, A., Tekindal, M. A & ,.Tekindal, M Yonar .(2020) .COVID-19 pandemic with the Curve Estimation Models, the Box-Jenkins and Exponential Smoothing Methods .*EJMO*.165-160 ،(1)*4* .

10) F. M & ,.Gupta, R Khan .(2020) .ARIMA and NAR based prediction model for time series analysis of COVID-19 cases in India .*Journal of Safety Science and Resilience*.18-12 ،(1)*1* .

مقالات باللغة العربية:

11) هالة فاضل حسين. (2017). التنبؤ باستخدام النموذجين GM(1,1) و FGM(1,1) للأنظمة الرمادية. *الدنانير*، *10*، 618-630.

12) عبد القادر ساهد. (2020). التنبؤ بالحالات المؤكدة بcovid19 في الجزائر باستخدام نماذج ARIMA. *مجلة شعاع للدراسات القياسية*، *04*(02)، 115-126.

مواقع أنترنيت:

13) سلالات كورونا في جدول واحد. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من موقع الجزيرة: https://bit.ly/covid-tab

14) اصابات كوفيد 19 في الجزائر. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من موقع عالمنا في البيانات: https://bit.ly/covid-data-alg

15) مرض فيروس كورونا. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من موقع منظمة الصحة العالمية: https://bit.ly/co-vid-who

16) لقاح فايزر-بيونتيك. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من موقع منظمة الصحة العالمية: https://bit.ly/bion-tech

17) لقاح أكسفورد–آسترازينيكا. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من ويكيبيديا: https://bit.ly/astrazinica

18) لقاح موديرنا. (10 أوت, 2021). تم الاسترداد من ويكيبيديا: https://bit.ly/mode-rna