



# استخدام النموذج الرمادي للتنبؤ بحالات COVID-19

علي محمد عبد الشاهد

قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية، كلية الهندسة، جامعة  
مصراتة، مصراتة، ليبيا

a.abdulshahed@mu.edu.ly

نجوى محمد عبد الصادق

قسم الرياضيات التطبيقية، الأكاديمية الليبية مصراتة،  
مصراتة، ليبيا

najwaalsadeg@bs.lam.edu.ly

تعرف السلسلة الزمنية على أنها عبارة عن مجموعة من المشاهدات مرتبة وفق حدوثها في الزمن كالسنين أو الفصول أو الأيام أو أي وحدة زمنية و توجد ثلاثة أنواع من الانظمة في السلاسل الزمنية وهي: نظام مع معلومات واضحة ومعرفة تماماً يسمى بالنظام الأبيض ونظام مع معلومات غير واضحة وغير معرفة تماماً يسمى بالنظام الأسود، أما إذا كانت هذه المعلومات معروفة جزئياً ومجهولة جزئياً فهو ما يشير إليه بالنظام الرمادي لذا يمكن تعريف اللون الذي يمثل النظام بأنه وصف لدرجة وضوح و كمية المعلومات المتوفرة عن ذلك النظام ولهذا سمي بالرمادي إشارة الى طبيعة المعلومات.

من المعروف أن هناك عدة طرائق تنبؤية متاحة تستخدم للتنبؤ ولكن معظم هذه الطرائق تتطلب قدراً كبيراً من البيانات لدعم عملية التنبؤ وللتغلب على ذلك اقترح البروفيسور (Deng Julong) في عام (1982) نظرية الأنظمة الرمادية، والتي تعد طريقة جديدة لدراسة حالة عدم اليقين في كمية صغيرة من البيانات. كما أن لهذه النظرية القدرة على التعامل مع المشاكل التي تظهر بوجود العينات الصغيرة والمعلومات الفقيرة ومعالجتها [6]، وهذه النظرية تتم من خلال عملية التوليد الرمادية التي تستخدم لتبييض سلسلة الأرقام عن طريق معالجة البيانات، لغرض إكمال المعلومات الناقصة من خلال النمذجة الرمادية، حيث يتم عن طريق تطوير نموذج ديناميكي مع مجموعة من المعادلات التفاضلية من خلال التنبؤ الرمادي وذلك للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية [7].

لقد وضع (Deng Julong) [5] النموذج الرمادي (Grey model) بالاعتماد على عدد المتغيرات الداخلة في النموذج، إضافة إلى رتبة معادلة الفروق، وأطلق عليه اختصاراً  $GM(n,m)$ . حيث  $(n)$  تمثل رتبة معادلة الفروق و  $(m)$  عدد المتغيرات، إلا أن أغلب البحوث قد ركزت على النموذج  $GM(1,1)$  في التنبؤ بسبب كفاءته ودقة حساباته.

أصبحت النظرية الرمادية سافة الذكر تخصص علمي حديث ناشئ مع نظام نظري وضع على أساس نظام جبري رمادي كالمعادلات الرمادية و المصفوفات الرمادية إذ تتم بإنشاء نظام يستند على أساس مشغل التوليد التراكمي و أجيال من المتواليات الرمادية ومن تطبيقات هذه النظرية هو تحليل النظم و تقييمها و نمذجتها و التنبؤ وصنع القرار، تهدف هذه النظرية الى تحويل سلسلة البيانات الخام الاصلية الغير منضبطة الى سلسلة أكثر انتظاماً بواسطة استعمال تقنيات التوليد الرمادية التي تكون لصالح النمذجة و معالجة مشاكل عدم اليقين مع العينات الصغيرة والمعلومات الفقيرة التي يصعب التعامل معها، كما لهذه النظرية خاصية مميزة و هي بناء نماذج مع كميات صغيرة من البيانات، كما تتميز هذه النظرية أيضاً بمبدأ البساطة مع الإبقاء على مستوى عال من الدقة.

لقد تطورت نظرية الانظمة الرمادي خلال العقدين الاخيرين تطوراً ملحوظاً وسريعاً، ولاقت اهتماماً واسعاً من قبل الكثير من الباحثين والمتخصصين في مجال السلاسل الزمنية، حيث طبقت بنجاح في مختلف الانظمة الاجتماعية والاقتصادية والمالية إضافة إلى الطب والموارد المائية وغيرها [8].

تحليل البيانات هي تلك العمليات الرياضية التي يجري تنفيذها على مجموعة من البيانات لاكتشاف العلاقة بينها، واستخراج معلومات جديدة بدون معرفة مسبقة عن طبيعة هذه العلاقة. تعتمد طريقة النمذجة الموجهة بالبيانات على تحليل البيانات التي تكون بطبيعتها غير ثابتة، وتتراكم بسرعة، وتتغير في كل لحظة، وتضم بيانات متنوعة بعلاقات متباينة وغير محددة، كما هو الحال في البيانات الخاصة بانتشار مرض معين (على

المخلص— تعاني بعض البيانات من حالة عدم التأكد ونقص في المعلومات وذلك بسبب عدم تسجيل بعض البيانات أو صعوبة أثناء عملية التسجيل وهذه المشكلة تواجه العديد من البحوث خصوصاً عندما تكون الظاهرة المدروسة تخضع لسلسلة زمنية. إن أغلب الطرائق التنبؤية التقليدية تتطلب قدراً كبيراً من البيانات، لذا برزت الحاجة إلى البحث عن منهجية جديدة تدرس حالة عدم اليقين وبكمية صغيرة من البيانات، وهذا ما سيتم تناوله في هذا البحث من خلال النظرية الرمادية التي تتعامل مع الانظمة الغير مؤكدة والغير دقيقة. في نظريات الأنظمة عموماً، كل نظام يمكن أن يعد نظاماً رمادياً في حالة وجود مبدأ عدم اليقين في وصف المعلومات الخاصة به سواء كانت معادلات أو خصائص غير كافية وغير تامة. يعرض هذا البحث طرق التنبؤ باستخدام النموذج  $GM(1,1)$ ، والنموذج المحسن باستخدام خوارزمية أسراب الجسيمات  $PSOGM(1,1)$ ، وتمت المقارنة بينهما استناداً إلى مقياس متوسط مطلق الخطأ النسبي (MAPE) ومقياس كفاية مستوى الأداء؛ كأساس للمقارنة وتم اعتماد أسلوب المحاكاة وذلك للحصول على النموذج الأفضل بين النموذجين، حيث تم الحصول على النموذج الأكثر دقة وهو  $PSOGM(1,1)$  ومن تم تطبيقه على بيانات حقيقية والتي تمثل حالات COVID-19 لعينتين دراسيتين (تركيا وليبيا). تفيد النتائج المتحصل عليها بأن النموذج الهجين  $PSOGM(1,1)$  مناسب للتنبؤ بالمشاهدات في حالة وجود سلسلة زمنية قصيرة المدى، مما قد يساعد في اتخاذ الإجراءات والاستعدادات اللازمة للحد من حالات COVID-19.

الكلمات المفتاحية: النموذج الرمادي Grey Model  $GM(1,1)$ ، خوارزمية أسراب الجسيمات (Particle Swarm Optimization (PSO)، النموذج الرمادي المحسن  $PSOGM(1,1)$ ، حالات COVID-19.

## 1. المقدمة

نعيش اليوم في زمن تكنولوجيا المعلومات والمعطيات، وقد رافق هذا العصر وجود كمية كبيرة من المعطيات تولدت نتيجة هذا التقدم العلمي. الأمر الذي أدى إلى التقدم في وسائل البحث العلمي بحيث أصبح ميسراً على المؤسسات إجراء البحوث بسهولة أكبر. إلا أن السؤال الذي يطرح نفسه دائماً أمام أي باحث، هو كيفية الحصول على المعلومات اللازمة للبحث. من حيث حجم وكمية وأسلوب البيانات، فالحصول على المعلومات يبقى مترافقاً مع وجود تكلفة في المجهود والوقت والمال أحياناً، بالإضافة إلى أنه قد لا تحتاج إلى استخدام كمية كبيرة من البيانات إذا كانت كمية قليلة تفي بالغرض. تشكل إمكانية التنبؤ بالمستقبل اعتماداً على بيانات سابقة حيزاً هاماً في الدراسات والأبحاث العلمية، فهي تساعد في عمليات التنمية والتخطيط ووضع الاستراتيجيات للتحكم في أحداث مستقبلية ممكنة الوقوع. لذا يُعد التنبؤ من القضايا المثيرة لاهتمام العديد من الباحثين في مختلف المجالات، ومن هنا تأتي أهمية هذه العلوم ومنها نظرية الانظمة الرمادية [5] موضوع هذا البحث.

استلمت الورقة بالكامل في 31 يوليو 2022 وروجعت في 3 سبتمبر 2022  
وقبلت للنشر في 30 سبتمبر 2022

ونشرت ومناحة على الشبكة العنكبوتية في 1 ديسمبر 2022.

يتجاوز 10% وبذلك فإن ذلك يشير إلى أن النموذج يمكن استعماله في التنبؤ الفعلي بحركة المرور.

وفي دراسة أخرى عام (2009) قام الباحثان (Huang and Jane) [11] بدمج نماذج الانحدار الذاتي الذي يتضمن متغيرات خارجية (ARX) مع التنبؤات الرمادية للتنبؤ بقيمة سلسلة زمنية معينة، وبين الباحثان أن الطريقة المقترحة ذات دقة جيدة وتوفقت على طريقة النموذج GM(1,1).

وفي عام (2011) قدم الباحثان (Huang and Lee) [12] اسماً لها تطبيقاً في ربط التنبؤ الرمادي باستخدام النموذج GM(1,1) مع نماذج التنبؤ الرمادي المعدلة للبقاوي باستخدام سلسلة فورير، والتي يرمز لها اختصاراً FGM(1,1) وبين الباحثان أن التنبؤات الناتجة كانت دقيقة وذلك بالاعتماد على معايير قياس دقة التنبؤ.

وفي عام (2014) قام الباحثان (Wang and Phan) [13] بدراسة كيفية تحسين دقة التنبؤ باستخدام النموذج الرمادي GM(1,1)، كما تم استخدام طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية (LS) لتقدير معالمه، وتم تطبيق النموذج الرمادي GM(1,1) للتنبؤ بإنتاجية البضائع في الميناء التجاري الدولي في كاوشونغ، ومن تم تطبيق أسلوب فورير لتحسين دقة النموذج المقترح FRMGM(1,1). أظهرت نتائج هذه الدراسة أن كلا النموذجين مناسبين، إلا أن نموذج FRMGM(1,1) كان النموذج الأنسب لإجراء عملية التنبؤ.

وفي عام (2017) قامت الباحثة (هالة فاضل حسين) [1] بدراسة التنبؤ باستخدام النموذجين GM(1,1) و FGM(1,1) للأنظمة الرمادية، واستخدمت طريقة المربعات الصغرى (LS) لحلها، ثم بينت أن دمج النموذجين ساهم في الحصول على طريقة كفوة للتنبؤ، إضافة إلى تحسين دقة التنبؤ في حالة وجود سلسلة زمنية قصيرة المدى وذات تقلبات معنوية.

وفي عام (2018) قام الباحثان (فراس احمد و نور سليم) [2] بدراسة كيفية استخدام المحاكاة للمفاضلة بين بعض الطرائق الحديثة لنموذج GM(1,1)، كما استخدم طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية (LS) لتقدير معالمه مع تطبيق عملي، بينت الدراسة أن أفضل طريقة في تقدير النموذج الرمادي هي طريقة أسراب الجسيمات أو الجسيمات (POS) حيث تم استخدامها في معالجة القيم المفقودة في البيانات، كما أتتنت حصولها على أفضل نتائج مقارنة بالطرق المستخدمة في الدراسة المذكورة وهي الطريقة التراكمية (ACC)، الطريقة الأسية (EXP)، الطريقة الأسية المعدلة (Mod EXP).

في عام (2020) قام الباحثان (Tezcan Sahin and Utkuacan) [14] باستخدام نموذج برنولي الرمادي غير الخطي NGBM(1,1)، ونموذج برنولي الرمادي غير الخطي الكسري FANGBM(1,1)، للتنبؤ بالعدد التراكمي للحالات المؤكدة لـ COVID-19 في إيطاليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية. أظهرت هذه الدراسة أن FANGBM(1,1) هو النموذج الأنسب في التنبؤ من بين النماذج المقترحة في الدراسة.

وفي عام (2021) كذلك قامت نفس الباحثة المشار إليها سابقاً (هالة فاضل حسين) [3] باستخدام النموذج الهجين ARCH(P) - GM(1,1)، والتي استخدمت فيه طريقة المربعات الصغرى الاعتيادية (LS)، وذلك للتنبؤ بتقلبات اسعار النفط الخام في العراق، هدف البحث إلى التنبؤ بواسطة النموذج الهجين ARCH(P) - GM(1,1) من خلال استخدام عدد من الإختبارات لتشخيص وجود مشكلة عدم التجانس أو التباين ومن ثم فحص ملائمة النموذج وقدرته في التنبؤ بتقلبات الاسعار للنفط الخام من خلال النموذج المقترح، بعد إجراء العديد من الدراسات، تبين للباحثة أن النموذج الملائم هو ARCH(1) - GM(1,1).

خلاصة ما تم ذكره في الدراسات السابقة نجد اهتماماً كبيراً من الباحثين؛ لتحسين أداء النموذج الرمادي GM(1,1)، حيث استُخدمت طرق، ومقاييس، وخوارزميات متعددة؛ لإيجاد أفضل النتائج، والحصول على النموذج في أفضل صورة، في هذا البحث ستم دراسة ومناقشة إحدى طرق تحسين دقة النموذج الرمادي باستخدام طريقة خوارزمية أسراب العناصر POS.

### 3. تجميع البيانات

ظهر فيروس كورونا المعروف بـ COVID-19 لأول مرة بالصين بمدينة ووهان وذلك في ديسمبر 2019، كان في البداية مجرد التهابات

سبيل المثال COVID-19) [9]. فتعتمد طرق استنباط المعرفة (Knowledge extraction) من البيانات على التحليل بخوارزميات ونماذج رياضية لا تخضع لشروط نظرية محددة يقتضيها مجال البحث، وكذلك من دون وجود سؤال محدد ولا فرضية علمية، بحيث أن البيانات تتحدث عن نفسها، وتمتدنا بالمعرفة اللازمة لبناء النظام.

المصطلح COVID-19 هو الاسم الذي أطلقته منظمة الصحة العالمية على الفيروس المسبب لمرض الالتهاب الرئوي الحاد والمعروف باسم (كورونا) والذي أعلنته منظمة الصحة العالمية جائحة عالمية. حيث أن حالات الإصابة بـ COVID-19 تمتاز بخاصية عدم الثبات، أي أن هناك فترات زمنية من التقلبات تليها فترات زمنية ذات سلوك مستقر ثابت. وبذلك فهي تخلق حالة من عدم اليقين في ارتفاع وانخفاض في عدد حالات المرض. وبغية معالجة هذه التقلبات التي تحدث في حالات COVID-19 فإنه يتطلب استخدام نموذج لتفسير هذه التقلبات كنموذج GM(1,1) المعتمد على النظرية الرمادية سالفة الذكر.

تعد مسألة تقدير المعالم من المسائل المهمة في تحليل الانحدار لذا فإن اختيار الأسلوب الملائم للتقدير هو من الأمور التي تساعد في الحصول على تصورات عن المجتمع الذي أخذت منه العينة المدروسة، لأن عملية التقدير هي بمثابة إعطاء مؤشرات عن نوع وحجم العلاقة بين متغير الاستجابة والمتغيرات التوضيحية.

هناك عدة أساليب لتقدير معالم النموذج الرمادي، في هذا البحث تم اختيار خوارزمية PSO لتقدير معالم هذا النموذج وهي إحدى الخوارزميات التي استوحيت من السلوكيات الاجتماعية للطيور في التنقل من مكان إلى آخر للبحث عن الحل الأمثل المتمثل في البحث عن الطعام أو المبيت، بذلك أصبح النموذج الرمادي المحسن يعرف بالإختصار التالي: PSOGM(1,1).

في هذا البحث سيتم بناء نموذج التنبؤ الرمادي GM(1,1) ومن ثم تحسينه باستخدام خوارزمية أسراب الجسيمات (PSO) ليصبح PSOGM(1,1)، والمقارنة بين هذين النموذجين باستخدام معيار متوسط مطلق الخطأ النسبي (MAPE) للحصول على أفضل النتائج.

## 2. الدراسات السابقة

لقد استخدمت نظرية النظام الرمادي في كثير من البحوث واعتمدها الكثير من الجامعات والمؤسسات العالمية. ففي أوائل عام (1990) بدأت هذه النظرية تدخل ضمن المناهج في بعض الجامعات الأمريكية والصينية واليابانية وأستراليا وغيرها، كما تأسست جمعية خاصة بالنظام الرمادي في الصين عام (1996)، وبدأت تنتشر بشكل واسع في الدوريات الأكاديمية مثل مجلة النظام الرمادي التي تصدر في بريطانيا منذ عام (1989) [10]. وفيما يلي نعرض بعض الدراسات ذات العلاقة بموضوع البحث:

قدم الباحث (Deng Julong) في عام (1989) بحثاً مفصلاً حول مفهوم نظرية النظام الرمادي وأهداف هذه النظرية ومفهومها ومحتوياتها ومواضيعها كالتوليد الرمادي والنمذجة الرمادية والتنبؤ الرمادي واتخاذ القرار الرمادي والسيطرة الرمادية وطبقت هذه النظرية في الصين ومنها في تحليل الاقتصاد الزراعي وتقدير الأثر الاقتصادي وفي بناء نماذج الحماية البيولوجية وفي توقعات المحاصيل من الحبوب وفي التخطيط الاقتصادي وغيرها [10].

اقترح الباحثان (Hsu C & Chen C) في عام (2003) نموذج معدل بطريقة احصائية بسيطة لتحديد معالم النموذج والنموذج الرمادي، وأشارت النتائج إلى أن هذه الطريقة المقترحة قد تؤدي إلى تحسين دقة التنبؤ للنموذج الرمادي وتجعله مناسب للتنبؤ على المدى الطويل، وتم استعماله للتنبؤ في تطبيق عملي.

قام الباحثان (Chiou H & Tzeng G) في عام (2004) بتطبيق النموذج الرمادي GM(1,1) للتنبؤ بدقة طلب تايوان للاتصالات في الفترة من عام (2004-2007) و أظهرت النتائج بأن دقة النموذج وصلت إلى 95% أي أن له دقة عالية للتنبؤ وبذلك فإن الهاتف الخليوي والهاتف الدولي والطلب على الإنترنت سوف يكون له سوق نمو عالية وبالتالي فإن نتائج هذه الدراسة توفر مرجعاً قيماً لشركة الاتصالات في تايوان في وضع السياسات التسويقية ذات الصلة لمنتجاتها.

قدم الباحثان (Tongyuan H & Yue W) في عام (2007) النموذج الرمادي الذي يستند على النظرية الرمادية وذلك للتنبؤ بحوادث حركة المرور، وتم بناء هذا النموذج ببيانات قليلة فكانت النتيجة أن الخطأ لم

السنوات الأخيرة في العديد من المجالات خاصة الهندسة، الاقتصاد، الزراعة، والعديد من التطبيقات الأخرى. تشير النظرية إلى أن المعلومات غير المؤكدة تنقسم إلى أربعة أصناف: المعلومات الغامضة، المعلومات العشوائية، المعلومات الرمادية، والمعلومات غير المؤكدة. وتعتبر المعلومات الرمادية عن المعلومات التي يمكن الحصول على جزء فقط منها أو نطاق تقريبي لها بدلا من الحصول عليها كاملة وبدقة بسبب تعقيد الأمور، التشويش، والقدرة المحدودة على تتبع النظام. فالنظام الرمادي هو نظام وسيط بين النظام الأبيض والنظام الأسود، حيث يعتبر الأول معروفاً تماماً، في حين أن النظام الأسود غير معروف تماماً [5]. فرق مجابهة جائحة كورونا يضطرون للعمل في ظروف تتسم بعدم اليقين بما يجعلهم يواجهون الكثير من الصعوبات وفي وقت قصير. لذلك عملية صنع القرار في هذا المجال يعتبر نظاماً رمادياً.

#### 1.4 الأعداد الرمادية Grey Numbers

يرمز للعدد الرمادي بشكل عام باستخدام الرمز "⊗"، وهو عدد غير مؤكد القيمة في نطاق معين. يمكن اعتبار النطاق بمثابة غلاف للعدد الرمادي، لذلك قيمة فترة العدد الرمادي  $[G, \bar{G}] \in \otimes$ . هناك عدة أنواع من الأعداد الرمادية كما هو موضح أدناه [16].

الأعداد الرمادية ذات الحد الأدنى فقط: هذا النوع من الأعداد الرمادية  $\otimes$  يكتب  $[G, \infty) \in \otimes$  أو  $(G) \otimes$ ، حيث  $(G)$  يرمز إلى الحد الأدنى من العدد الرمادي  $\otimes$ . قيمة الفترة  $(G, \infty)$  يشار إليه على أنه مجال  $\otimes$ .

الأعداد الرمادية ذات الحد الأعلى فقط: هذا النوع من الأعداد الرمادية  $\otimes$  يكتب  $(-\infty, \bar{G}] \in \otimes$  أو  $(\bar{G}) \otimes$ ، حيث  $(\bar{G})$  يرمز إلى الحد الأعلى من العدد الرمادي  $\otimes$ .

أعداد الفترة الرمادية: هذا النوع من الأعداد الرمادية له حد أدنى  $(G)$  وحد أعلى  $(\bar{G})$ ، يكتب  $[G, \bar{G}] \in \otimes$ .

العدد الأبيض والعدد الأسود: العدد الأسود يكتب  $(-\infty, +\infty) \in \otimes$ ، حيث  $\otimes$  لا يكون لها حد أعلى ولا حد أدنى، هنا يعرف  $\otimes$  كعدد أسود. عندما  $[G, \bar{G}] \in \otimes$  و  $a = \bar{a}$ ، حيث  $\otimes$  يكون له حد أعلى وحد أدنى، هنا يمكن أن نعرف  $\otimes$  كعدد أبيض.

#### 1.1.4 العمليات الأساسية على الأعداد الرمادية.

العمليات الحسابية على الأعداد الرمادية مشابهة للعمليات على الفترات. قواعد العمليات الرمادية العامة يمكن تعريفها كالعمليات على الأعداد الحقيقية وهي:

$$\otimes G_1 + \otimes G_2 = [\underline{G}_1 + \underline{G}_2, \bar{G}_1 + \bar{G}_2]$$

$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = [\underline{G}_1 - \bar{G}_2, \bar{G}_1 - \underline{G}_2]$$

عملية الضرب:

$$\otimes G_1 \times \otimes G_2 =$$

$$[\min(\underline{G}_1 \underline{G}_2, \underline{G}_1 \bar{G}_2, \bar{G}_1 \underline{G}_2, \bar{G}_1 \bar{G}_2), \max(\underline{G}_1 \underline{G}_2, \underline{G}_1 \bar{G}_2, \bar{G}_1 \underline{G}_2, \bar{G}_1 \bar{G}_2)]$$

$$\otimes G_1 \div \otimes G_2 = [\underline{G}_1, \bar{G}_1] \times \left[ \frac{1}{\underline{G}_2}, \frac{1}{\bar{G}_2} \right]$$

طول الرقم الرمادي  $L(\otimes G) = [\bar{G} - G]$

مقارنة الأرقام الرمادية: يتم التعبير عن درجة الاختلاف بين عددين رماديين على النحو التالي:

$$p\{\otimes G_1 \leq \otimes G_2\} = \frac{\max(0, L^* - \max(0, \bar{G}_1 - \underline{G}_2))}{L^*}$$

حيث:  $L^* = L(\otimes G_1) + L(\otimes G_2)$

وفقاً لهذه المقارنة بين عددين رماديين، تكون هناك أربعة نتائج كالتالي:

0.5  $p\{\otimes G_1 \leq \otimes G_2\}$ ، فإن:  $\otimes G_1 = \otimes G_2$  إذا كان

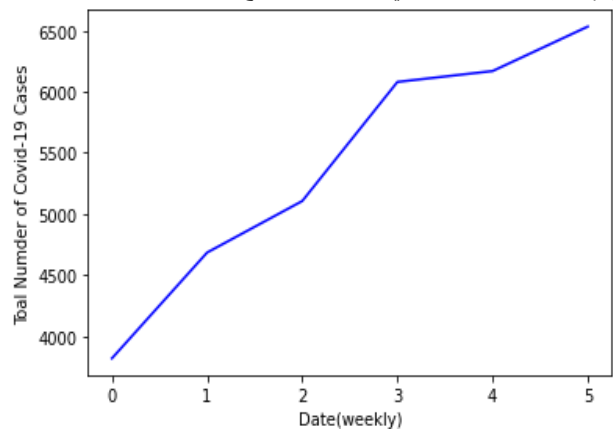
إذا كان  $p\{\otimes G_1 > \otimes G_2\} = 1$  فإن  $p\{\otimes G_1 \leq \otimes G_2\} = 0$

رؤية لأسباب غير معروفة، وسرعان ما اجتاحت العالم في وقت قصير لا يتجاوز الشهر، وكبقي دول العالم قد مس هذا الفيروس بلدنا ليبيا، مما أدى بالبلاد إلى دخول حالة طوارئ وتجنيد كافة الوسائل لمجابهة هذه الجائحة التي مست آثارها كل الجوانب الاجتماعية، والسياسية، والاقتصادية [15]. يعتبر المركز الوطني لمكافحة الأمراض ليبيا من المراكز المتخصصة التي تساهم بشكل كبير في تعزيز الصحة العامة والحماية الصحية للمواطنين وخاصة فيما يتعلق بمجال مكافحة الأمراض من خلال تعزيز القدرة على إيجاد الطرق العلمية للوقاية منها ومكافحتها بالتعاون مع المراكز المتخصصة المناظرة له بالعالم ومنظمة الصحة العالمية والمنظمات والمؤسسات الدولية ذات العلاقة. صدر تصريح رسمي من قبل المركز الوطني لمكافحة الأمراض في ليبيا حيث أعلن عن تسجيل أول إصابة بتاريخ (24 مارس 2020) لمواطن ليبي عائداً من الخارج يبلغ من العمر 73 عاماً بعد أن كانت نتائج التحليل إيجابية [4]. بلغ عدد الاصابات بحالات COVID-19 في ليبيا 507041 وعدد الوفيات حوالي 6436 وكان ينتشر بشكل سريع جداً. تم تجميع البيانات لغرض هذا البحث من خلال النشرات اليومية الصادرة عن المركز الوطني لمكافحة الأمراض في ليبيا، يبين جدول (1) بيانات (COVID-19) في ليبيا للفترة من (1 يناير إلى 4 فبراير 2021).

جدول (1): يبين العدد الاجمالي لحالات COVID-19 الموجبة في ليبيا

الاسابيع	التاريخ	عدد إجمالي الحالات
W1	1-7 Jan 2021	3818
W2	8-14 Jan 2021	4684
W3	15-21 Jan 2021	5106
W4	22-28 Jan 2021	6081
W5	29Jan-4Feb2021	6170

خلال الفترة المبينة في الجدول أعلاه تتسم البيئة المحيطة بالفيروس إلى زيادة في عدد الحالات اسبوعاً ويرجع ذلك بسبب عدم الأخذ بالتدابير الوقائية والبروتوكول العلاجي المتبع وأيضاً إلى تطور الفيروس. الشكل (1) يبين عدد الإصابات في ليبيا خلال أسابيع قليلة.



الشكل 1: إجمالي حالات COVID-19 الموجبة في ليبيا للفترة من (1 يناير إلى 4 فبراير 2021).

من الشكل البياني السابق يمكن ملاحظة أن عدد الحالات COVID-19 في ازدياد حيث بلغت عدد الحالات الجديدة في الاسبوع الخامس (29 يناير - 4 فبراير 2021) عدد 6170 حالة إصابة؛ وذلك بسبب أن الفيروس تطور بأعراض جديدة وخطورة أكثر مما سبب في ارتفاع عدد الحالات الجديدة.

#### 4. نظرية الأنظمة الرمادية GREY SYSTEMS THEORY

تأسست هذه النظرية على يد الرياضي البروفيسور (Deng Julong) سنة (1982) كطريقة للتنبؤات الكمية. ليتم استخدامها في

حيث  $Z_1$  تسمى متسلسلة القيم المتوسطة لسلسلة  $X_1$  :  
 $Z_1 = (Z_1(1), Z_1(2), \dots, Z_1(n))$

$$(5) \quad Y = \begin{bmatrix} X_0(2) \\ X_0(3) \\ \vdots \\ X_0(n) \end{bmatrix}$$

الخطوة الرابعة: تحديد نموذج التنبؤ  
 يكون حل المعادلة التفاضلية وفق الآتي:

$$(6) \quad \hat{X}_1(K+1) = \left[ X_0(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-ak} + \frac{b}{a};$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

الخطوة الخامسة: وهي الحصول على القيم التنبؤية اعتماداً على معكوس عملية التوليد التراكمية (IAGO) وذلك من خلال المعادلة الآتية:

$$(7) \quad \hat{X}_0(K+1) = \hat{X}_1(K+1) - \hat{X}_1(K);$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n$$

المتسلسلة ( $\hat{X}_0$ ) يمكن الحصول عليها كما يلي:

$$\hat{X}_0 = (\hat{X}_0(1), \hat{X}_0(2), \dots, \hat{X}_0(n))$$

حيث

$$\hat{X}_0(1) = X_0(1)$$

#### 5. خوارزمية أسراب الجسيمات للأمتلة (PSO)

تم تطوير نموذج الخوارزمية من قبل العالمين **Eberhart** و **Kennedy** في عام 1995، وهذا النموذج مستوحى من السلوك الاجتماعي لأسراب الطيور وجماعات الأسماك أثناء تنقلها من مكان لآخر. سيتم استخدام هذه الخوارزمية للحصول على الحل الأمثل في تقدير معالم النموذج الرمادي **GM(1,1)**.

تقوم خوارزمية (PSO) أولاً بتهيئة مجموعة من الحلول العشوائية للوظيفة الموضوعية، وينظر إلى كل حل فردي على أنه عنصر. ووفقاً للوظيفة الموضوعية يمكن لكل عنصر الحصول على قيمة ملائمة، ويمكن الحكم على جودة العنصر وفقاً لحجم قيمة اللياقة في العملية التكرارية، يتم تحديث كل جزء وفقاً لقيمتين متطرفتين هما ( $P_{best}$ ) و ( $g_{best}$ ).

يحافظ كل عنصر على مساره المنسق في فضاء المشكلة المتعلقة بالحل الأفضل (الأمثل) المنجز. هذا يدل حتماً أن كل عنصر له ذاكرة تسمح بتذكر الموضع الأفضل في فضاء البحث الذي زاره، وهذه القيمة تسمى ( $P_{best}$ ). القيمة الأخرى المتعقبة من قبل أفضل سرب من العناصر هي القيمة الأفضل التي تم الحصول عليها من قبل أي عنصر من ضمن العناصر المجاورة الحالية، هذا الموضع يسمى ( $g_{best}$ ) يتضمن المفهوم الأساسي لخوارزمية PSO تغيير السرعة لكل عنصر باتجاه موضعه ( $P_{best}$ ) و ( $g_{best}$ ) عند كل خطوة زمنية. هذا يعني أن كل عنصر يحاول أن يعدل موضعه الحالي وسرعته تبعاً للمسافة بين موضعه الحالي و ( $P_{best}$ ) و ( $g_{best}$ ).

ويمكن تمثيل خوارزمية PSO رياضياً بالصيغة التالية [17]:

$$(8) \quad v_i^{k+1} = w \times v_i^k + c_1 \times rand() \times (P_{best_i} - x_i^k) + c_2 \times rand() \times (g_{best} - x_i^k)$$

إذا كان  $\otimes G_1 < \otimes G_2$  فإن  $\otimes G_1 \leq \otimes G_2 = 0$

إذا كان  $\otimes G_2 > \otimes G_1$  فإن  $p\{\otimes G_1 \leq \otimes G_2\} > 0.5$

ما عدا ذلك، إذا كان  $P\{\otimes G_1 \leq \otimes G_2\} < 0.5$  فإن  $\otimes G_2 < \otimes G_1$

#### 2.4 النموذج الرمادي الأساسي GM(1, 1)

من الناحية الرياضية، النموذج الرمادي الأساسي **GM(1, 1)** يعتمد على عمليتين أساسيتين، التكرار المجمع الصاعد (**AGO**) التنازل **Generating Operation** ومعكوسها التكرار المجمع التنازل **Inverse Accumulated Generating Operation (IAGO)**، وتعطى خطوات حساب النموذج وفق الآتي [8]:  
 إنشاء السلسلة الأولية:

$$X_0 = (X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)), n \geq 4$$

مع الأخذ في الاعتبار أن  $X_0$  هي سلسلة ذات قيم موجبة وأن  $n$  تعبر عن عدد المشاهدات (الحالات).

يمكن تلخيص خطوات التنبؤ باستخدام النموذج الرمادي كما يلي:  
 الخطوة الأولى: تكوين متسلسلة جديدة بواسطة مشغل التوليد التراكمي (**AGO**) [7] ناتجة عن عملية التكرار المجمع الصاعد من الرتبة الأولى، أي أن  $X_1$  يمثل متسلسلة من الرتبة الأولى للمتسلسلة  $X_0$  كالتالي:

$$X_1 = (X_1(1), X_1(2), \dots, X_1(n))$$

حيث:

$$X_1(1) = \sum_{k=1}^1 X_0(k)$$

$$X_1(2) = \sum_{k=2}^2 X_0(k)$$

$$\vdots$$

(1)

$$X_1(n) = \sum_{k=1}^n X_0(k), k = 1, 2, 3, \dots, n$$

الخطوة الثانية: تحديد المعالم ( $a, b$ )  
 يمكن استخدام  $X_1$  لبناء معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى لنموذج **GM(1,1)** كالتالي [3]:

$$(2) \quad \frac{dx_1(t)}{dt} + ax_1(k) = b$$

إذ أن:

$t$ : تشير إلى المتغير المستقل في النظام.

$(a, b)$ : معالم النموذج الرمادي المراد حله.

الخطوة الثالثة: يمكن الحصول على تقدير المعالم ( $a$ ), ( $b$ ) باستخدام طريقة المربعات الصغرى (**Least Squares (LS)**) كالتالي:

$$(3) \quad \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = (B' B)^{-1} B' Y$$

حيث تسمى (**B**) مصفوفة البيانات،  $Y$  سلسلة البيانات، و ( $a$ ), ( $b$ ) معالم السلسلة. تحسب المصفوفة (**B**) على النحو الآتي:

$$(4) \quad B = \begin{bmatrix} -Z_1(2) & 1 \\ -Z_1(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -Z_1(n) & 1 \end{bmatrix}$$

بالواقعي، بحيث كلما كان مقدار الفرق أقل كان النموذج أفضل وهو موضح بالمعادلة التالية:

$$(9) \quad x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1}$$

$$(10) \quad r_0(k) = X_0(k) - \hat{X}_0(k); k = 2, 3, \dots, n$$

حيث  $X_0(k)$  : هي القيمة الفعلية للسلسلة الزمنية.  
 $\hat{X}_0(k)$  : هي القيمة المتوقعة.  
 ومن بين مقاييس دقة التنبؤ نذكر التالي:

1- متوسط الخطأ المطلق (**Mean Absolute Error (MAE)**):

يعتبر من أبسط مقاييس دقة التنبؤ ويقاس متوسط حجم الأخطاء في مجموعة من التنبؤات، دون النظر في اتجاهها. بحيث تأخذ الفروق بالقيمة المطلقة، وتحسب قيمة المتوسط بقسمة مجموع الفروق المطلقة للقيم الفعلية عن قيم التنبؤ على عدد الفقرات، تحسب قيمة الدقة وفقاً للمعادلة الآتية [20]:

$$(11) \quad MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_0(k) - \hat{X}_0(k)|$$

حيث أن  $X_0(k)$  : القيمة الفعلية للمتغير و  $\hat{X}_0(k)$  : القيمة المقدره للمتغير.

2- متوسط مربع الخطأ (**Mean Square Error (MSE)**):

يقاس حجم الخطأ في عملية التنبؤ، بأخذ متوسط مربعات الفروق الفردية بين القيم الفعلية وقيم التنبؤ، يعتمد في حسابه على استخدام المعادلة التالية [20]:

$$(12) \quad MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_0(k) - \hat{X}_0(k))^2$$

حيث أن  $X_0(k)$  : القيمة الفعلية للمتغير و  $\hat{X}_0(k)$  : القيمة المقدره للمتغير.

3- الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ (**Mean Square Error (RMSE)**):

يقاس حجم الخطأ في التنبؤات، وذلك بأخذ الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الفروق بين القيم الفعلية وقيم التنبؤ، كما هو موضح بالمعادلة الآتية [20]:

$$(13) \quad RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_0(k) - \hat{X}_0(k))^2}{n}}$$

حيث أن  $X_0(k)$  : القيمة الفعلية للمتغير و  $\hat{X}_0(k)$  : القيمة المقدره للمتغير.

4- متوسط الخطأ النسبي المطلق (**Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**):

يقاس انحراف قيم التنبؤ عن القيم الفعلية باستخدام النسبة المئوية، بحيث يحسب متوسط نسبة الخطأ المطلق إلى القيم الفعلية، طريقة حسابه موضحة بالمعادلة التالية [20]:

$$(14) \quad MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_0(k) - \hat{X}_0(k)|}{X_0(k)} \times 100\%$$

الجدول (2) يوضح مقياس كفاية مستوى الأداء المستخدمة في هذا البحث:

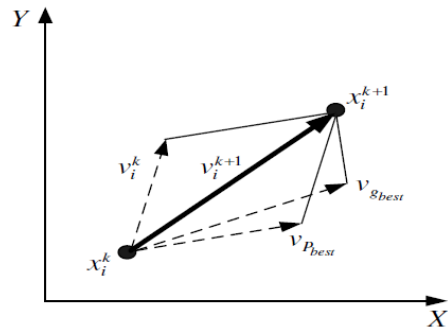
جدول (2) يوضح مقياس كفاية مستوى الأداء.	
MAPE (%)	Forecasting Power
≤10	ممتازة
10-20	جيدة
20-50	معقولة
50≤	غير صحيحة

كل مقياس له مزايا و عيوب: RMSE يعتبر الأفضل في تمثيل انحرافات أكبر، MAE يملك التفسير الأسهل و MAPE مفيدة في مقارنة الدقة بين بيانات مختلفة، كلما كانت قيمة هذه المقاييس أقل (أصغر عددياً) كانت نتيجة التنبؤ أكثر دقة [20].

حيث:  $v_i^{k+1}$  : سرعة العنصر عند التكرار  $k + 1$ .  
 $w$  : تعطي القيم المثالية للمتغير  $w$  في المجال (1.2-0.9) وفقاً للمرجع [18].

$v_i^k$  : سرعة العنصر عند التكرار  $k$ .  
 $x_i^{k+1}$  : موضع العنصر  $i$  عند التكرار  $k + 1$ .  
 $x_i^k$  : موضع العنصر  $i$  عند التكرار  $k$ .  
 $c_1$  : الثابت الفردي ويتعلق بـ  $P_{best}$ .  
 $c_2$  : الثابت الجماعي ويتعلق بـ  $g_{best}$ .  
 $rand()_1$  : عدد عشوائي بين الصفر والواحد.  
 $rand()_2$  : عدد عشوائي بين الصفر والواحد.  
 $P_{best_i}$  : موضع  $P_{best}$  للعنصر  $i$  (أفضل موقع سابق).  
 $g_{best}$  : موضع السرب (أفضل موقع من أفضل مواقع العناصر المتحققة).

توضح المعادلتين (8) و (9) السرعة والموضع الجديدين على التوالي. تحسب المعادلة (8) السرعة الجديدة لكل عنصر اعتماداً على سرعة العناصر السابقة وموضعها عند الحل الأمثل المحقق حتى الآن. يبين الشكل (2) مفهوم تعديل نقاط البحث الموضحة بالمعادلات (8) و (9).



الشكل (2): مفهوم تعديل نقطة البحث.

يمكن تلخيص خطوات حساب خوارزمية سرب الجسيمات كما يلي:

1. تهيئة مجموعة من الحلول العشوائية (السرعات  $V$  و موضع العناصر  $X$ ).
2. تحسب قيمة الملائمة للحلول العشوائية، تم يحدد قيمة ( $P_{best}$ ) و ( $g_{best}$ ).
3. إذا تم الحصول على المتطلبات (دقة معينة أو تم الوصول إلى الحد الأقصى لعدد التكرارات)، يتم الانتقال إلى الخطوة 5، وإذا لم يتحقق المطلوب تنتقل إلى الخطوة التالية.
4. تحديث سرعة و موضع العناصر وفقاً للمعادلتين (8) و (9)، ثم انتقل إلى الخطوة 2.
5. اخراج الحل الأمثل وانهاء الحلقة.

## 6. مقاييس دقة التنبؤ القياسية Standard Forecast Measures

تعد الدقة معياراً لاختيار النموذج الأمثل للتنبؤ، ويُقصد بالدقة قدرة نموذج التنبؤ على إعادة إنتاج البيانات الأصل للعينة المدروسة، ومنه فإن الاختيار المناسب لمقياس دقة التنبؤ يؤثر إيجاباً في تحديد فاعلية نموذج التنبؤ المستخدم وتعمل مقاييس دقة التنبؤ القياسية بشكل عام على مفهوم الفرق بين القيم الأصلية والقيم المتوقعة أو المُتنبأ بها، وهو ما ندعوه بخطأ التنبؤ، وكلما كان مقدار الفرق قليلاً كانت دالة التنبؤ أفضل وأدق، استُخدمت العديد من النماذج الرياضية لحساب أخطاء التنبؤ. بغض النظر عن نوع الخطأ في التنبؤ فهو أمر غير مرغوب فيه ويجب إزالته أو على الأقل تقليله، وخاصة الأخطاء السببية.

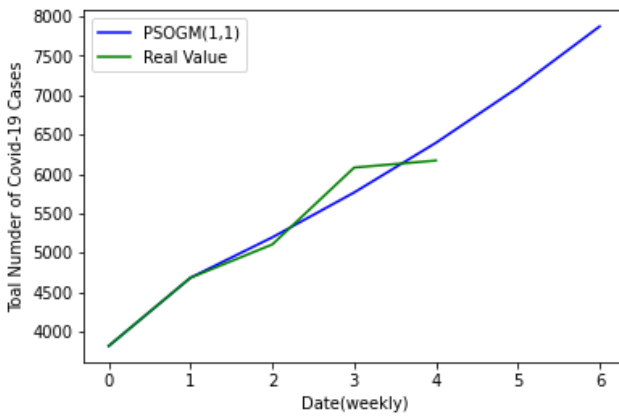
هناك عدة مقاييس لقياس مقدار الخطأ المصاحب لنموذج التنبؤ المستخدم، مما يكشف فعالية وكفاءة كل نموذج من نماذج التنبؤ، تعتمد معظم مقاييس دقة التنبؤ على مفهوم الفرق بين القيمة الفعلية وقيمة التنبؤ ويدعي الفرق

النشرات اليومية الصادرة عن المركز الوطني لمكافحة الأمراض في ليبيا لإنشاء النموذج الرمادي كما هو موضح بالجدول (5).

تم جدولة القيم الفعلية و القيم المتوقعة بواسطة  $GM(1,1)$  و  $PSOGM(1,1)$  في (الجدول 5). نلاحظ أن نموذج التنبؤ  $PSOGM(1,1)$  حقق أفضل تنبؤ بحالات COVID-19 في ليبيا، ودقة أفضل من النموذج  $GM(1,1)$ ؛ لأنه حقق قيمة MAPE أقل. عالية من الممكن الاعتماد على هذا النموذج واستخدامه للتنبؤ المستقبلي. بعد أن تم بناء النموذج باستخدام البيانات سالفة الذكر، سيتم استخدام النموذج  $PSOGM(1,1)$  للتنبؤ بحالات COVID-19 الموجبة في ليبيا من (5 إلى 18 فبراير 2021) كما هو موضح في الجدول الآتي.

جدول (6) يبين قيم التنبؤ بإجمالي حالات COVID-19 الموجبة في ليبيا باستخدام نموذج  $PSOGM(1,1)$ .

Week	Year	PSOGM(1,1)
W1	5- 11 Feb 2021	6979
W2	12- 18 Fe 2021	7692



الشكل 4: القيم الفعلية وقيم التنبؤ لإجمالي حالات COVID-19 الموجبة في ليبيا بواسطة  $PSOGM(1,1)$ .

## 8. تحليل النتائج

نظراً لأن النموذج  $GM(1,1)$  هو أحد نماذج التنبؤ الرمادي الأساسية و الأكثر أهمية، فهناك العديد من العلماء الذين يقترحون طرقاً جديدة لتحسين دقة النموذج  $GM(1,1)$  وبالتالي تم تطوير تحسين لنموذج في هذه الدراسة، أشارت نتيجة التطبيق في (الجدول 3 و الجدول 5) إلى أن نموذج التنبؤ المحسن  $PSOGM(1,1)$  يهدف إلى تحقيق أداء فعال على المدى المتوسط والقصير، حقق نموذج  $PSOGM(1,1)$  أعلى دقة من النموذج  $GM(1,1)$  حيث تحصل على أقصى قيمة لـ MAPE في دولتي تركيا وليبيا.

تعد المحاكاة العملية والتنبؤ الدقيق لبيانات COVID-19 المستقبلية مسألة حاسمة لعلوم البيئة والعلوم الصحية والسياسة الحكومية للبلد. في هذه الورقة تم اقتراح وتطبيق نموذج التنبؤ الرمادي المحسن  $PSOGM(1,1)$  من أجل التنبؤ بالقيم المستقبلية لحالات COVID-19 في دولتي تركيا وليبيا من خلال تطبيق تقنية النمذجة الرمادية، علاوة على ذلك تم توقع حالات COVID-19 في تركيا وليبيا على المدى القصير من قبل النموذج  $PSOGM(1,1)$ . من الواضح أنه يمكن إجراء تنبؤات إضافية (طويلة الأجل) باستخدام آلية الحل المقترحة لـ COVID-19 أو تطبيقات أخرى.

تعد التقديرات اليومية أو الأسبوعية قصيرة المدى مهمة لاتخاذ قرارات استراتيجية للأيام المقبلة، كما يمكن للتنبؤ على المدى القصير أن يوفر معلومات لصناع القرار ووضع جدول الزماني لمنع انتشار COVID-19. يوضح (الشكل 3 و الشكل 4) و (الجدول 4 و 6) أنه إذا لم يتم اتخاذ الاحتياطات المناسبة فإن الحالات المؤكدة لـ COVID-19 في دولتي تركيا وليبيا ستستمر في النمو، يجب على مسؤولي الصحة العامة والحكومة اتخاذ قرارات صعبة للسيطرة على الزيادة السريعة في COVID-19،

## 7. التطبيق العملي

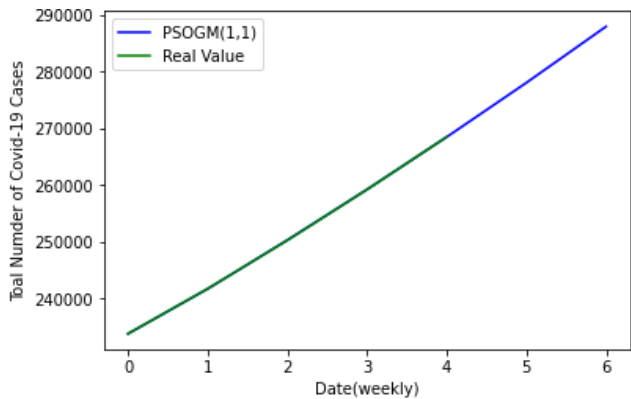
في هذا الجزء من البحث سيتم تطبيق نموذجي التنبؤ  $GM(1,1)$  و  $PSOGM(1,1)$  على حالات COVID-19. ابغيت وزارة الصحة التركية عن بيانات رسمية حول حالات COVID-19 في تركيا والتي تتضمن إجمالي عدد حالات COVID-19 والوفيات والمرضى والمتعافين، حيث تم تطبيق النماذج المقترحة للتنبؤ بإجمالي حالات COVID-19 والوفيات والتعافين في تركيا [9]. يقدم هذا القسم منهجية تنبؤ تتضمن جمع البيانات وتقدير المعالم وتحليل النتائج والتنبؤ بحالات COVID-19 في تركيا في المستقبل القريب. حيث تم جمع بيانات حالات COVID-19 في تركيا من (27 يوليو إلى 30 أغسطس 2020) لإنشاء النماذج الرمادية  $GM(1,1)$  و  $PSOGM(1,1)$  (أنظر الجدول 3). جميع الحسابات اجريت باستخدام برنامج "بايثون" (Python).

تظهر قيم التنبؤ للقيم الحقيقية التي تم الحصول عليها بواسطة  $GM(1,1)$  و  $PSOGM(1,1)$  في (الجدول 3). يلاحظ أن نموذج التنبؤ  $PSOGM(1,1)$  حقق أفضل تنبؤ بحالات COVID-19 في تركيا؛ ودقة أفضل من النموذج  $GM(1,1)$ ؛ لأنه حقق قيمة MAPE أقل. عالية فإنه سيتم استخدامه لتنبؤ المستقبلي. بعد أن تم بناء النماذج باستخدام البيانات سالفة الذكر، من الممكن استخدام النموذج  $PSOGM(1,1)$  للتنبؤ ببيانات حالات COVID-19 في تركيا من (31 أغسطس إلى 13 سبتمبر 2020) كما هو موضح في الجدول التالي.

جدول (4) قيم التنبؤ بإجمالي حالات COVID-19 لتركيا باستخدام النموذج  $PSOGM(1,1)$ .

Week	Date	PSOGM(1,1)
W1	31Aug-6 Sep 2020	278079
W2	7-13 Sep 2020	287983

الشكل 3 يوضح نتائج نموذج التنبؤ  $PSOGM(1,1)$  على بيانات حالات COVID-19 في تركيا، حيث يبين مدى ملائمة النموذج ودقته للتنبؤ بالمستقبل القريب. والجدير بالذكر أن النتائج المتحصل عليها متوافقة مع النتائج المذكورة في الدراسة [4].



الشكل 3: القيم الفعلية وقيم التنبؤ بواسطة  $PSOGM(1,1)$  لإجمالي حالات COVID-19 في تركيا

يتضح من (الشكل 3) أن البيانات الفعلية (الخط الأخضر) والمتوقعة (الخط الأزرق) متطابقة مع بعضها البعض، كما يوضح (جدول 3) أن النتائج المتوقعة لحالات COVID-19 الجديدة سيستمر في الفترة القادمة إلى عام 2021 والجدير بالذكر أن النتائج المتحصل عليها متوافقة مع النتائج المذكورة في الدراسة [4].

لتأكيد مدى فاعلية النماذج المقترحة، من الممكن استخدام  $PSOGM(1,1)$  و  $GM(1,1)$  على حالات COVID-19 في ليبيا ومعرفة العدد المستقبلي لهذه الحالات. تم استخدام بيانات الحالات الموجبة لـ (COVID-19) في ليبيا للفترة من (1 يناير إلى 4 فبراير 2021) التي تم الحصول عليها من

## ب. المراجع الأجنبية

- [5] D. Ju-Long, "Control problems of grey systems," Systems & control letters, vol. 1, pp. 288-294, 1982.
- [6] S. Liu, et al., "A brief introduction to grey systems theory," in Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, 2011, pp. 1-9.
- [7] D. Julong, "Introduction to grey system theory," The Journal of grey system, vol. 1, pp. 1-24, 1989.
- [8] S. Liu and J. Y. L. Forrest, Grey systems: theory and applications: Springer Science & Business Media, 2010.
- [9] H. Bilgil, "New grey forecasting model with its application and computer code," AIMS Mathematics, vol. 6, pp. 1497-1514, 2021.
- [10] E. Kayacan, et al., "Grey system theory-based models in time series prediction," Expert systems with applications, vol. 37, pp. 1784-1789, 2010.
- [11] K. Y. Huang and C.-J. Jane, "A hybrid model for stock market forecasting and portfolio selection based on ARX, grey system and RS theories," Expert systems with applications, vol. 36, pp. 5387-5392, 2009.
- [12] Y.-L. Huang and Y.-H. Lee, "Accurately Forecasting Model for the Stochastic Volatility Data in Tourism Demand," Modern Economy, vol. 02, pp. 823-829, 2011.
- [13] C.-N. Wang and V.-T. Phan, "An improvement the accuracy of grey forecasting model for cargo throughput in international commercial ports of Kaohsiung," International Journal of Business and Economics Research, vol. 3, pp. 1-5, 2014.
- [14] U. Şahin and T. Şahin, "Forecasting the cumulative number of confirmed cases of COVID-19 in Italy, UK and USA using fractional nonlinear grey Bernoulli model," Chaos, Solitons & Fractals, vol. 138, p. 109948, 2020.
- [15] A. Kumar, et al., "Wuhan to world: the COVID-19 pandemic," Frontiers in cellular and infection microbiology, p. 242, 2021.
- [16] H. Zhou, et al., "Stochastic multicriteria decision-making approach based on SMAA-ELECTRE with extended gray numbers," International Transactions in Operational Research, vol. 26, pp. 2032-2052, 2019.
- [17] W. Shang and G. Pei, "Research on Chinese rural GDP forecasting using grey model optimized by PSO method," in 2009 International Conference on Industrial and Information Systems, 2009, pp. 216-219.
- [18] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks, 1995, pp. 1942-1948.
- [19] Y. Shi and R. Eberhart, "A modified particle swarm optimizer," in 1998 IEEE international conference on evolutionary computation proceedings. IEEE world congress on computational intelligence (Cat. No. 98TH8360), 1998, pp. 69-73.
- [20] W. Pedrycz and S. Chen, "Time Series Analysis, Modeling and Applications," A Computational Intelligence Perspective (e-book Google), 2013.

وخارج نطاق المسؤولين يجب على عامة الناس الحفاظ على التباعد الاجتماعي وارتداء الكمامة والحفاظ على النظافة والاحتياطات الأخرى لضمان سلامتهم ومنع انتشار المرض.

أخيراً تم تقديم نموذج محسن للتنبؤ باستخدام النظرية الرمادية وتم تطبيق النموذج المقترح للتنبؤ بعدد حالات COVID-19، تشير النتائج إلى أن النهج الذي تم تقديمه يعمل بشكل جيد في التنبؤ بمؤشرات COVID-19 المؤكدة في المستقبل. من الواضح أنه يمكن توسيع هذه التوقعات بشكل أكبر للأشهر المقبلة ويمكن أيضاً تطبيقها لتقدير بيانات COVID-19 في البلدان الأخرى أو تطبيقات الأخرى مماثلة.

## 9. الاستنتاجات

إن أهم الاستنتاجات التي تم الوصول إليها كالتالي:

- إن طريقة النماذج الرمادية  $GM(1,1)$ ،  $PSO$  يمكن تطبيقها في حالة توفر عدد قليل من البيانات تصل أحياناً إلى (4) مشاهدات.
- يمكن معرفة مدى ملائمة النماذج  $PSO$   $GM(1,1)$  للتنبؤ، وذلك من خلال مقاييس دقة التنبؤ بحيث كلما كانت قيمتها أقل، كلما كانت دقة التنبؤ عالية، وعندما تكون قيمتها كبيرة تكون دقة التنبؤ ليست جيدة كفاية.
- أن النموذج المحسن  $PSO$   $GM(1,1)$  القائم على خوارزمية PSO تفوق على النموذج  $GM(1,1)$  بدقة تنبؤ أعلى.
- دلت الدراسة على فاعلية استخدام خوارزمية PSO لتقدير قيم معالم النموذج  $GM(1,1)$  وتم استخدام النموذج المحسن  $PSO$   $GM(1,1)$  للتنبؤ بحالات COVID-19 لعينتين دراسيتين (تركيا وليبيا)، مما قد يساعد في اتخاذ الإجراءات والاستعدادات اللازمة للحد من حالات COVID-19.
- إن دقة النموذج  $PSO$   $GM(1,1)$  كانت عالية بالرغم من توافر تقلبات معنوية في مشاهدات العينة المدروسة، وهذا بدوره يشير إلى عدم تأثر هذه الطريقة بالتغيرات الطارئة أو ما شابه ذلك.
- إن النموذج الرمادي  $GM(1,1)$  يحتوي على معلمتين (a,b) من الممكن حسابهم بأكثر من طريقة غير الطريقة المقترحة.

## 10. التوصيات

- العمل على إيجاد طرق حصينة أخرى لتقدير معالم هذا النموذج.
- إن العينة قيد الدراسة كانت تشتمل على حالات COVID-19 الاسبوعية، من الممكن شمولية العينة على حالات COVID-19 اليومية لمراقبة تقلبات الفيروس ان وجد.

## المراجع

## أ. المراجع العربية

- (1) هالة فاضل حسين (2017). التنبؤ باستخدام النموذجين  $GM(1,1)$  و  $FGM(1,1)$  للأنظمة الرمادية. مجلة الدنانير. 1(10): 616-630.
- (2) فراس احمد، نور سليم (2018). دراسة كيفية استخدام المحاكاة للمفاضلة بين بعض الطرائق الحديثة لنموذج  $GM(1,1)$  لايجاد القيم المفقودة و تقدير المعلمات مع تطبيق عملي. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية. 24(102): 404-422.
- (3) هالة فاضل حسين (2021). استخدام النموذج الهجين ARCH(P) -  $GM(1,1)$  للتنبؤ بتقلبات اسعار النفط الخام في العراق. جامعة بغداد/المعهد العالي للدراسات المحاسبية. مجلة الدنانير. 1(21): 163-192.
- (4) موقع المركز الوطني لمكافحة الامراض في ليبيا (<https://ncdc.org.ly/Ar/1978-2/>) تم الدخول 2021م.

## الملاحق

جدول (3): النتائج العددية للعدد الاجمالي لحالات COVID-19 في تركيا التي تم الحصول عليها بواسطة **GM(1,1)** و **PSOGM(1,1)** مع مقارنة بين القيم الفعلية وقيم التنبؤ.

Week	Date	Actual Value	<b>GM(1, 1)</b>	Error(Rpe%)	<b>PSOGM(1, 1)</b>	Error(Rpe%)
			<b>a= -0.0349</b>			
			<b>b= 229352.3</b>			
				<b>a=-2.2936 e+05</b>		
				<b>b=-3.4995 e-02</b>		
W1	27July-02 Aug2020	233860	233860	0.00	233860	0.00
W2	03-09 Aug 2020	241808	241707	0.04	241755	0.02
W3	10-16 Aug 2020	250313	250291	0.01	250365	0.02
W4	17-23 Aug 2020	259253	259181	0.02	259282	0.01
W5	24-30 Aug 2020	268546	268386	0.05	268516	0.01
<b>MAPE</b>				0.024	0.012	

جدول (5): يبين العدد الاجمالي لحالات COVID-19 الموجبة في ليبيا التي تم الحصول عليها بواسطة **GM(1,1)** و **PSOGM(1,1)** ونتائج المقارنة بين القيم الفعلية وقيم التنبؤ.

Week	Year	Actual Value	<b>GM(1, 1)</b>	Error(Rpe%)	<b>PSOGM(1, 1)</b>	Error(Rpe%)
			<b>a= -0.0971</b>			
			<b>b=4134.2872</b>			
				<b>a=-1.038e-01</b>		
				<b>b=4.04867e-03</b>		
W1	1-7 Jan 2021	3818	3818	0	3818	0
W2	8-14 Jan 2021	4684	4731	1.00	4683	0.02
W3	15-21 Jan 2021	5106	5214	2.12	5196	1.76
W4	22-28 Jan 2021	6081	5747	5.49	5764	5.21
W5	29Jan- 4Feb2021	6170	6333	2.64	6395	3.64
<b>MAPE</b>				2.25	2.12	