



استعمال بعض النماذج اللاخطية للتنبؤ بأعداد الإصابات اليومية بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة.

Using some nonlinear models to forecasting the number models to daily infections with covid-19 virus in the holy Kerbala Governorate.

أ. د جاسم ناصر حسين

Jassim N Hussain

[jasim.nasir@uokerbala.edu.iq](mailto:jasim.nasir@uokerbala.edu.iq)

الباحث/محمد صالح هاشم

Mohammed S Hashem

[mohammed.saleh@s.uokerbala.edu.iq](mailto:mohammed.saleh@s.uokerbala.edu.iq)

[u.iq](http://u.iq)

المستخلص

فيروس كورونا المستجد (Covid-19) هو آخر فيروس اكتشف من سلالات فيروس كورونا. ظهر لأول مرة في مدينة ووهان الصينية في كانون الأول / ديسمبر / 2019. اما في العراق فقد ظهر لأول مرة بتاريخ 2020-2-24. يعد فيروس Covid-19 مشكلة صحية عالمية يشمل جميع انحاء العالم دون استثناء وخاصة في العراق ولاسيما محافظة كربلاء المقدسة. يهدف هذا البحث الى التنبؤ بأعداد المصابين بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة باستخدام نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية. بالإضافة الى اختيار أفضل انموذج للتنبؤ باستخدام بعض المعايير الإحصائية مثل (AIC, BIC, H-Q). جرى الحصول على بيانات اعداد المصابين بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة من الموقع الرسمي لدائرة صحة كربلاء المقدسة من (2020-6-1) الى (2020-9-30). استُخدم ثلاث نماذج لا خطية للتنبؤ بهذه السلسلة وهي ((Von Bertalanffy, Logistic and Chapman-Richard)). و استُخدم المعايير الإحصائية للمفاضلة بين هذه النماذج واختيار أفضل أنموذج يمثل هذه البيانات. توصلت النتائج الى ان الانموذج اللوجستي هو أفضل أنموذج يمثل بيانات كوفيد-19 والذي يعطي اقل قيم لجميع هذه المعايير. ويأتي بعده أنموذج فون بيرتلانفي وأنموذج جابمان ريتشارد. كذلك بينت النتائج ان القيم التنبؤية للانموذج اللوجستي تكون قريبة من القيم الحقيقية لأعداد الإصابات اليومية بفيروس Covid-19 وهي أقرب من القيم التنبؤية لبقية النماذج المستعملة في هذا البحث.

**الكلمات المفتاحية:** (نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية، التنبؤ، الأنموذج اللوجستي، خصائص السلسلة الزمنية، كوفيد-19).

البحث مستل من رسالة الماجستير: التنبؤ باعداد المصابين بفيروس covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة "بأستعمال انموذجات السلاسل الزمنية اللاخطية".

**Abstract**

The emerging coronavirus (Covid-19) represents the last detected strain of the coronavirus. This virus appeared for the first time in a Chinese city of Wuhan in December / 2019. While in Iraq, it appeared for the first time on February 24, 2020. The Covid-19 virus is a global health problem which includes all the parts of the world without any exception, especially in Iraq and the holy governorate of Kerbala. So, this study aims to predict the numbers of people infected with Covid-19 virus in the holy city of Karbala via utilizing the models of nonlinear time series. In addition to choosing the best prediction model by utilizing some statistical criteria such as (AIC, BIC, H-Q).

Data for the numbers of people which infected by the Covid-19 virus in the holy governorate of Karbala were obtained from the official website of Iraqi Ministry of Health for the period from (1-6-2020) to (30-9-2020).

Three nonlinear models have been utilized in order to predict this series (Von Bertalanffy model, Logistic model, Chapman-Richard model). In addition, the statistical criteria were utilized in order to compare these models and choose the best model that represents these data.

The results concluded that the logistic model is the best model representing COVID-19 data, which gives the lowest values for all these criteria. Then the Von Bertalanffy model and the Chapman-Richard model are comes after it.

**Introduction****(1) المقدمة**

اكتُشف عدد من حالات الالتهاب الرئوي الحاد لأول مرة في الصين في ديسمبر 2019. والتي جرى التأكد من انها من الامراض التنفسية الحادة والمعدية الناجمة عن فيروس Covid-19 الجديد. وانتشرت عدوى هذا الفيروس بشكل واسع وسريع في الصين وخصوصا في الأسواق الشعبية للأكلات البحرية. عن طريق الأشخاص المصابين في وقت مبكر. وتطور انتشار العدوى الى مناطق أخرى في الصين والبلدان الأخرى. حتى وصل الى العراق ولأول مرة بتاريخ (24/2/2020). وانتشر في العديد من المحافظات العراقية. حيث سجلت محافظة كربلاء المقدسة أولى الإصابات بتاريخ (3/3/2020). حيث بلغت اعداد المصابين في محافظة كربلاء المقدسة منذ بداية الجائحة ولغاية (8/5/2020) حوالي (1108558) إصابة. وسببت هذه الجائحة اضرارا كبيرة للمجتمع البشري وهي من اهم العوامل التي تهدد حياة الانسان وصحته بشكل كبير. ان الارتقاء بالوقاع الخدمي والصحي الذي يوفر حياة أفضل للإنسان كان الدافع الأساسي لبداية البحوث التي تتعلق بالتنبؤ بالكثير من الامراض المعدية والفيروسات الخطرة. ولاسيما دراستنا في التنبؤ بفيروس Covid-19. يهدف هذا البحث الى التنبؤ بأعداد الإصابات اليومية بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة باستعمال نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية وكذلك اختيار الانموذج الأفضل من بين النماذج المستخدمة في هذا البحث باستعمال المعايير الإحصائية (AIC, BIC, H-Q). يعُدُّ موضوع تحليل السلاسل الزمنية من الموضوعات الإحصائية المهمة التي تتناول سلوك الظاهرة وتفسيرها خلال مدد زمنية محددة. وقد نال التنبؤ اهتماما كبيرا في مجالات علمية عديدة. ونظرا للأهمية البالغة للتنبؤ فقد ظهرت العديد من الأساليب للتنبؤ بالسلوك

المستقبلي للظواهر. ففي عام 2020 استخدم الباحث (Jia وآخرون) ثلاث نماذج لا خطية هي ( Gompertz Covid-19 model, Logistic model and Von Bertalanffy model). جرى أولاً تحليل الاتجاه الوبائي لفيروس -19 وكذلك التنبؤ بهذه النماذج. حيث أظهرت النتائج ان التنبؤ يختلف باختلاف المعلمات والمناطق المختلفة. وبينت النتائج ان الانموذج اللوجستي Logistic model هو الانموذج الأفضل من بين النماذج التي دُرست وفي العام نفسه قدم الباحث (Medina وآخرون) بحثهم الذي يهدف الى اختبار صلاحية انموذج Gompertz وأنموذج Logistic للتنبؤ بالحالات المؤكدة والوفيات بفيروس Covid-19 في كوبا. حيث أظهرت النتائج ان كلا النموذجين ذو ملاءمة جيدة. تضمن هذا البحث من خمسة مباحث فرعية، الأول يتضمن منهجية البحث، والثاني تضمن الجانب النظري الذي يحتوي على اختبارات الاستقرار والخطية والتجانس وكذلك اختبار معنوية معاملات النماذج ومعنوية النماذج بشكل عام واختبار البواقي المتسلسلة. وتضمن كذلك بعض نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية. اما المبحث الثالث فقد تضمن تحليل ومناقشة النتائج ولجميع النماذج المستخدمة في هذا البحث واختيار الانموذج الأفضل باستعمال المعايير الإحصائية (AIC, BIC, H-Q). وتضمن المبحث الرابع التنبؤ باستعمال هذه النماذج واختبار القوة التنبؤية لها. اما المبحث الخامس فقد تضمن اهم الاستنتاجات والتوصيات.

## Methodology

## (2) الجانب النظري

تعد نماذج السلاسل الزمنية مهمة في مجال التحليل والتنبؤ، وهي على نوعين خطية ولا خطية، سنقوم بدراسة خصائص السلسلة الزمنية (الاستقرارية، الخطية، التجانس) لأعداد المصابين بفيروس كوفيد-19 في محافظة كربلاء المقدسة من (1-6-2020) ولغاية (30-9-2020)، ومعرفة النماذج التي تلائم هذه البيانات، وكذلك تقدير معاملات هذه النماذج بطريقة الإمكان الأعظم (Maximum Likelihood) والتنبؤ بها، استُخدم برنامج لغة R version (3.6.1) لتحليل هذه البيانات وكذلك تقدير معاملات النماذج المستخدمة في هذا البحث. ولتحديد خصائص السلسلة الزمنية هناك مجموعة من الاختبارات نستعرض بعضها في المباحث الفرعية الآتية.

## Augmented Dicky-Fuller

## (1-2) اختبار ديكي فولر الموسع [1]

يستخدم هذا الاختبار لمعرفة ما إذا كانت السلسلة الزمنية مستقرة ام لا. ويعبر عن بالمعادلة الآتية.

$$\Delta Y_t = b_0 + b_1 T + \delta Y_{t-1} + a_i \sum_{i=1}^n \Delta Y_{t-i} + e_t \quad (1)$$

إذ إن:

$\Delta$  : تمثل الفرق الأول للسلسلة الزمنية  $Y_t$ .

$\delta$  : تمثل معلمة المتغير المتباطئ.

$b_0$  : المحور او المقطع الصادي.

T : تمثل الاتجاه الزمني.

**Mann-Kendall test**

(2-2) اختبار مان كيندال [10], [2]

يستخدم هذا الاختبار لمعرفة ما إذا كانت السلسلة الزمنية خطية ام لا. ويعبر عنه بالمعادلة الآتية.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

إذ إنَّ:

var(S) : هو التباين المستعمل لاحصاءه الاختبار Z

**Standard normal homogeneity test**

(3-2) اختبار التجانس الطبيعي القياسي [4]

يستخدم هذا الاختبار لمعرفة ما إذا كانت البيانات متجانسة ام لا. ويعبر عنه بالمعادلة الآتية.

$$T(u) = u\bar{z}_1 + (n - u)\bar{z}_2 \dots\dots\dots (3)$$

إذ إنَّ:

n: تمثل عدد السنوات الكلية.

u: تمثل عدد السنوات في الجزء الأول من البيانات.

(n-u): تمثل عدد السنوات في الجزء الثاني من البيانات.

 $\bar{u}$  : معدل البيانات الكلية. $(z_1, z_2)$  : معدل القيم القياسية للجزء الأول والثاني على الترتيب.**The model parameters significance test [3]**

(4-2) اختبار معنوية معاملات الانموذج

يستخدم اختبار t لاختبار معنوية معاملات الانموذج المقدر عن طريق قسمة قيمة المعلمة المقدر على الانحراف المعياري. وكما يلي

$$tb = \frac{\hat{b}}{sb} \quad . \quad tb_0 = \frac{\hat{b}_0}{sb_0} \quad . \quad tb_1 = \frac{\hat{b}_1}{sb_1} \quad \dots\dots\dots \frac{\hat{b}_j}{sb_j} \quad \dots\dots\dots (4)$$

إذ إنَّ:

 $(\hat{b}_0, \hat{b}_1)$  يمثلان القيمتين المقدرتين لكل من الحد الثابت والميل.

$(b_0, b_1)$  يمثلان القيمتين الحقيقيتين لكل من الحد الثابت والميل.

### The overall morale test for the model [3]

### (5-2) اختبار المعنوية الكلية للأنموذج

لاختبار معنوية الأنموذج بشكل عام نستخدم اختبار  $F$ . وصيغة هذا الاختبار تكتب كما يأتي.

$$F = \frac{RSS/k-1}{SSE/n-k} = \frac{\sum y_i^2/k-1}{\sum e_i^2/n-1} \dots\dots\dots (5)$$

### Sequential residual test

### (6-2) اختبار البواقي المتسلسلة [5]

يستخدم اختبار Jarque-Bera لمعرفة ما إذا كانت البواقي تتوزع طبيعي ام لا. ويعبر عن هذا الاختبار بالمعادلة الآتية.

$$JB = \frac{n}{6} B_1 + \frac{T}{24} (B_2 - 3)^2 \sim \chi_{\alpha(2)}^2 \dots\dots\dots (6)$$

### (7-2) نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية [6]

السلسلة الزمنية هي مجموعة من المشاهدات والبيانات لقيم ظاهرة ما تكون مأخوذة في أوقات زمنية محددة، وغالبا ما تكون متساوية مثل (يوم، شهر، سنة ..... الخ) حسب طبيعة الدراسة. تتكون السلسلة الزمنية من متغير واحد او أكثر من المتغيرات التوضيحية (متغيرات مستقلة) مثل متغير (الزمن، العمر، درجة الحرارة، ..... الخ) حسب طبيعة الظاهرة المدروسة والآخر متغير الاستجابة (متغير تابع) وهو قيمة الظاهرة المدروسة.

هنالك الكثير من نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية ومنها الأسية والتربيعية واللوغاريتمية و..... الخ. ومنها نماذج لا خطية غير ممكنة للتحويل أي لا يمكن تحويلها الى صيغ خطية ومنها ممكنة التحويل أي بالإمكان تحويلها الى صيغ خطية وهي الأكثر شيوعا واستعمالا لأنها تعطي نتائج دقيقة. وفي هذا البحث استُعملت ثلاث نماذج لا خطية ممكنة للتحويل الى خطية وهي (Chapman-Richard، Logistic، Von Bertalanffy). وكالاتي

### Von Bertalanffy model

### (1-7-2) انموذج فون بيرتلانفي [9]، [10]

هو أحد نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية. يتكون انموذج Von Bertalanffy من معلمتين فقط هما  $(\alpha, \beta)$  وغالبا ما يستعمل أنموذج (von Bertalanffy) كأنموذج للنمو. ويُستعمل بشكل أساس لدراسة العوامل التي تتحكم في النمو وتؤثر عليه. إنَّ تطور الامراض المعدية وظهور فيروسات مثل فيروس كورونا يعد مشابها لنمو الافراد والسكان. اختير هذا الأنموذج لوصف قانون انتشار الامراض المعدية ودراسة العوامل التي تتحكم في انتشار فيروس Covid-19 وتؤثر عليه.

ويعبر عن الأنموذج بالمعادلة الآتية.

$$Y_t = \alpha(1 - e^{-\beta t}) + e_t \dots\dots\dots (7)$$

إذ إن:

 $Y_t$ : متغير الاستجابة (الإصابات) $(\alpha, \beta)$ : تمثل معلمات النموذج.

t: المتغيرات المستقلة.

 $e_t$ : الخطأ العشوائي**Logistic model**

(2-7-2) النموذج اللوجستي [19], [18]

هو أحد النماذج اللاخطية في السلاسل الزمنية. يتكون هذا النموذج من ثلاث معلمات هي  $(\alpha, \beta, k)$ . يستعمل النموذج اللوجستي بشكل رئيس في علم الأوبئة. استعمل هذا النموذج لأول مرة من قبل العالم البلجيكي Verhulst عام 1845. واستخدم منحنيات النمو اللوجستي لنمذجة نمو السكان. استند العالم Verhulst الى اعمال العالم Malthus الذي اعتقد ان سكان البلد او منطقة معينة سيكون قادراً على الوصول الى حد أو مستوى معين من النمو. واخذ العالم Verhulst هذه الفكرة وأضاف عوامل أخرى الى المعادلة الأسية ليكون النموذج اللوجستي. ويطلق على المعادلة اللوجستية بمصطلح القدرة الاستيعابية. وهي الحد الأقصى للحجم الذي يمكن ينمو اليه السكان. وعند هذه النقطة يستقر حجم السكان ويزداد معدل النمو. ويعبر عن النموذج اللوجستي بالصيغة الآتية.

$$Y_t = \frac{\alpha}{1 + \beta e^{-kt}} + e_t \quad \dots \dots \dots (8)$$

إذ إن:

 $Y_t$ : تمثل معدل النمو (الإصابات)

t: المتغيرات المستقلة.

 $(\alpha, \beta, k)$  تمثل معلمات النموذج. $e_t$ : الخطأ العشوائي**Chapman-Richard model**

(3-7-2) نموذج جابمان ريتشارد [12]

هو أحد نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية. يحتوي نموذج Chapman-Richard على أربع معلمات هي  $(\alpha, \beta, k, \theta)$ . أن نموذج Chapman-Richard هو تعميم لبقية النماذج اللاخطية مثل نموذج جمبرتز والنموذج اللوجستي وانموذج فون بيرتلانفي. وان وصيفة هذه النماذج هي تقديم وصف دقيق وأكثر واقعية لمختلف الظواهر. استعمل نموذج Chapman-Richard في العديد من الدراسات مثل دراسة العوامل التي تتحكم في نمو الحيوانات مثل نمو الأسماك والاعنام والابقار والخيول وغيرها. اختير هذا النموذج لوصف قانون انتشار الامراض المعدية ودراسة العوامل التي تتحكم في انتشار فيروس covid-19 وتوثر فيه ويعبر عن هذا النموذج بالصيغة الآتية.

$$Y_t = \alpha(1 - \beta e^{-kt})^\theta + e_t \quad \dots\dots\dots (9)$$

إذ إنَّ:

$Y_t$  : تمثل متوسط عدد الافراد المصابين.

$(\alpha, \beta, k, \theta)$  : تمثل معلمات الأنموذج.

$t$  : تمثل المتغيرات المستقلة.

$e_t$  : يمثل حد الخطأ

### Analysis and Discuss the Results

### 3- تحليل ومناقشة النتائج

سنتطرق في هذا المبحث الى الجانب التحليلي للسلسلة الزمنية، حيث تُطبق سلسلة زمنية بواقع 122 مشاهدة تمثل اعداد الإصابات اليومية بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة وذلك من (1/6/2020) لغاية (30/9/2020). جرى الحصول على البيانات من الموقع الرسمي لدائرة صحة كربلاء المقدسة، إذ جرى تحليل هذه البيانات وتطبيق الاختبارات الخاصة بخصائص السلسلة الزمنية، وكذلك تقدير معلمات النماذج المستعملة في هذا البحث والتنبؤ بها وذلك باستعمال برنامج لغة R (version 3.6.1).

### Results and discussion

### (1-3) النتائج والمناقشة

بعد دراسة خصائص السلسلة الزمنية لأعداد المصابين بفيروس كوفيد-19، حيث أظهرت النتائج ان السلسلة غير مستقرة وغير خطية وغير متجانسة، وبذلك فأن النماذج التي تناسب هذه البيانات هي النماذج اللاخطية. في هذا البحث سُنُدرس ثلاث نماذج لا خطية وهي (أنموذج فون بيرتلانفي والانموذج اللوجستي وانموذج جابمان ريتشارد). فُدرت معلمات هذه النماذج بطريقة الإمكان الأعظم. ولان هذه النماذج هي غير خطية ويصعب تقدير معلماتها بالطريقة الاعتيادية. لذا سنستخدم احدى الطرق التكرارية وهي طريقة نيوتن-رافسون التكرارية لتقدير معلمات هذه النماذج. وكالاتي

## Von Bertalanffy model

## (2-3) نموذج فون بيرتلانفي

إنَّ القيم المقدرة لمعاملات لأنموذج فون بيرتلانفي Von Bertalanffy model تكون كما في الجدول الآتي.

Parameter	Estimator	Std.Error	t-value	P-Value
$\alpha$	214.99519	14.32978	15.003	2.E-16
$\beta$	0.03183	0.00668	4.765	5.36E-06

جدول (1) يمثل المعلمات المقدرة لأنموذج فون بيرتلانفي Von Bertalanffy

بعد تقدير معاملات أنموذج Von Bertalanffy والتوصل الى النتائج الموضحة كما في الجدول (1). فإن الأنموذج المقدر يصبح بالشكل الآتي.

$$\hat{Y}_t = 214.995(1 - e^{-0.031t}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

ولاختبار معنوية معاملات أنموذج Von Bertalanffy نستعمل اختبار t. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ المعلمات غير معنوية}$$

$$H_1: B_j \neq 0 \text{ المعلمات معنوية}$$

ونلاحظ من الجدول (1) ان قيمة P-Value للمعلمتين المقدرتين  $(\alpha, \beta)$  هي (2.E-16, 5.36E-06) على الترتيب. ومن ثمَّ هي اقل من مستوى المعنوية (0.05). لذا نرفض فرضية العدم  $H_0$  وان المعلمتين المقدرتين  $(\alpha, \beta)$  معنوية احصائياً.

ولاختبار معنوية أنموذج Von Bertalanffy بشكل عام نستعمل اختبار F. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ انعدام العلاقة المعنوية بين المتغير المستقل ومتغير الاستجابة}$$

$$H_1: B_j \neq 0 \text{ وجود علاقة معنوية بين المتغير المستقل ومتغيرات الاستجابة}$$

وعن طريق النتائج التي جرى الحصول عليها. فأن القيمة الحسابية لاختبار F لأنموذج فون بيرتلانفي Von Bertalanffy هي (385.099) وهي أكبر من القيمة الجدولية لجدول اختبار F وبدرجة حرية 1 للبسط و120 للمقام وهي (3.92) لذا نرفض فرضية العدم أي ان الأنموذج معنوي احصائياً.

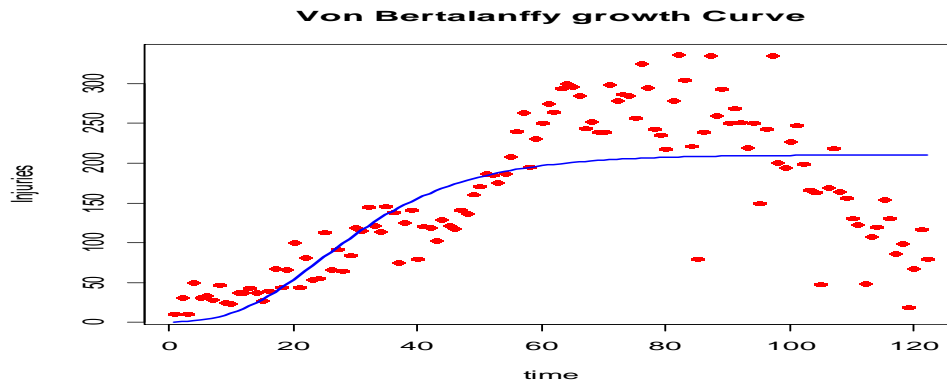
استعمل اختبار Jarque-Bera لمعرفة هل ان البواقي تتوزع طبيعي ام لا. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.



$H_0$ : البواقي تتوزع طبيعي

$H_1$ : البواقي لا تتوزع طبيعي

وعن طريق النتائج التي توصلنا اليها التي أظهرت ان القيمة الاحتمالية P-value لأحصاءة Jarque-Bera لأنموذج Von Bertalanffy تساوي (0.881) أي اكبر من مستوى المعنوية 0.05 ومن ثم لا نرفض فرضية العدم  $H_0$  أي ان البواقي Residual تخضع للتوزيع الطبيعي. والشكل الآتي يوضح القيم المقدرة لأنموذج فون بيرتلانفي.



الشكل (1) يمثل القيم المقدرة لأنموذج فون بيرتلانفي Von Bertalanffy

### Logistic model

### (3-3) الأنموذج اللوجستي

إن القيم المقدرة لمعاملات الأنموذج اللوجستي Logistic model تكون كما في الجدول الآتي.

Parameter	Estimator	Std.Error	t-value	P-Value
$\alpha$	211.3218	8.52532	24.788	2.E-16
$\beta$	22.07004	15.69987	1.406	1.62E-01
k	0.09921	0.02281	4.35	2.89E-05

جدول (2) يمثل المعلمات المقدرة للأنموذج اللوجستي Logistic model

بعد تقدير معاملات الانموذج اللوجستي Logistic model فإن الأنموذج يصبح بالشكل الآتي.

$$\hat{Y}_t = \frac{211.32}{1+22.07e^{-0.0992t}} \dots\dots\dots (11)$$

ولاختبار معنوية معاملات الأنموذج اللوجستي Logistic model نستعمل اختبار t. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ المعلمات غير معنوية}$$

$$H_1: B_j = 0 \text{ المعلمات معنوية}$$

ومن النتائج التي توصلنا اليها نلاحظ ان قيمة P-Value للمعاملات المقدرة  $(\alpha, \beta, k)$  هي  $(2.E-16, 1.62E-01, 2.89E-05)$ . ومن ثمّ هي اقل من مستوى المعنوية  $(0.05)$ . لذا نرفض فرضية العدم  $H_0$  وان المعاملات المقدرة  $(\alpha, \beta, k)$  معنوية احصائيا.

ولاختبار معنوية الأنموذج اللوجستي Logistic model بشكل عام نستعمل اختبار F. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ انعدام العلاقة المعنوية بين المتغير المستقل ومتغير الاستجابة}$$

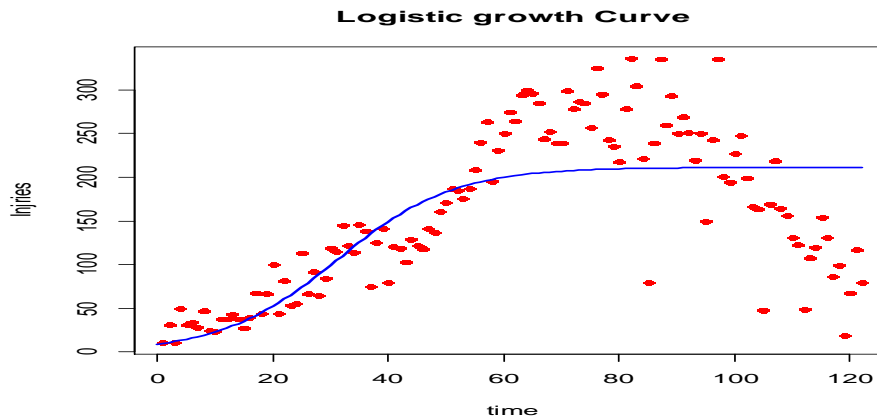
$$H_1: B_j \neq 0 \text{ وجود علاقة معنوية بين المتغير المستقل ومتغيرات الاستجابة}$$

وعن طريق النتائج التي جرى الحصول عليها. فأن القيمة الحسابية لاختبار F هي  $(308.009)$  وهي أكبر من القيمة الجدولية لجدول اختبار F وبدرجة حرية 2 للبسط و119 للمقام وهي  $(3.9)$  لذا نرفض فرضية العدم أي أن الأنموذج معنوي إحصائيا. استعمل اختبار Jarque-Bera لمعرفة هل إنّ البواقي تتوزع توزيعاً طبيعياً ام لا. وإنّ فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: \text{البواقي تخضع للتوزيع الطبيعي}$$

$$H_1: \text{البواقي لا تخضع للتوزيع الطبيعي}$$

ومن النتائج التي توصلنا اليها التي أظهرت أنّ القيمة الاحتمالية P-value لأحصاء Jarque-Bera للأنموذج اللوجستي تساوي  $(0.053)$  أي اكبر من مستوى المعنوية  $(0.05)$  لذا لا نرفض فرضية العدم  $H_0$  أي ان البواقي Residual تخضع للتوزيع الطبيعي



الشكل (2) يمثل القيم المقدرة للأنموذج اللوجستي Logistic model

## Chapman Richard model

## (3-4) أنموذج جابمان ريتشارد

كانت القيم المقدرة لمعاملات الأنموذج Chapman-Richard model كما في الجدول الآتي.

Parameter	Estimator	Std.Error	t-value	P-Value
$\alpha$	210.5	10.22	20.593	2.E-16
$\beta$	0.05	6.644	0.008	9.94E-01
K	0.07503	0.04128	1.817	7.17E-02
$\theta$	121.8	16370	0.007	9.94E-01

جدول (3) يمثل المعلمات المقدرة لأنموذج جابمان ريتشارد Chapman-Richard model

بعد تقدير معاملات أنموذج Chapman-Richard والتوصل الى النتائج الموضحة كما في الجدول (3). فإن الأنموذج يصبح بالشكل الآتي.

$$Y_t = 210.5(1 - 0.05e^{-0.075t})^{121.8} \dots\dots\dots (12)$$

ولاختبار معنوية معاملات أنموذج جابمان ريتشارد Chapman Richard نستعمل اختبار t. وإن فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ المعلمات غير معنوية}$$

$$H_1: B_j = 0 \text{ المعلمات معنوية}$$

ونلاحظ من جدول (3) ان قيمة P-Value للمعاملات المقدرة  $(\alpha, \beta, k, \theta)$  هي ( 2.E-16, 9.94E-01, ) ومن ثم هي اقل من مستوى المعنوية (0.05). لذا نرفض فرضية العدم  $H_0$  وان المعلمات المقدرة  $(\alpha, \beta, k, \theta)$  معنوية احصائياً.

ولاختبار معنوية انموذج جابمان ريتشارد Chapman Richard بشكل عام نستعمل اختبار F. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$$H_0: B_j = 0 \text{ انعدام العلاقة المعنوية بين المتغير المستقل ومتغير الاستجابة}$$

$$H_1: B_j \neq 0 \text{ وجود علاقة معنوية بين المتغير المستقل ومتغيرات الاستجابة}$$

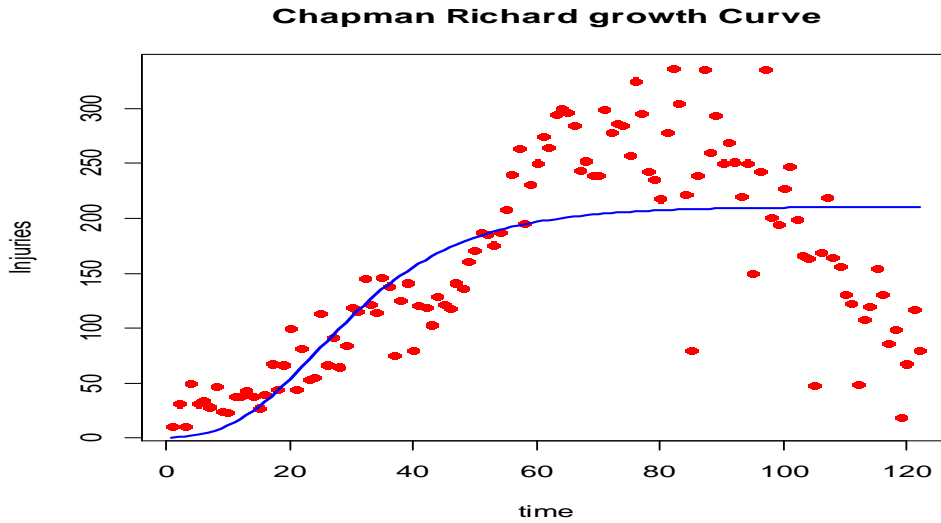
ومن النتائج التي جرى الحصول عليها. فإن القيمة الحسابية لاختبار F لأنموذج Chapman Richard هي (308.009) وهي أكبر من القيمة الجدولية لجدول اختبار F وبدرجة حرية 3 للبسط و118 للمقام وهي (2.68) لذا نرفض فرضية العدم أي أن الأنموذج معنوي إحصائياً.

استُعمل اختبار Jarque-Bera لمعرفة هل ان البواقي تخضع للتوزيع الطبيعي ام لا. وان فرضيات الاختبار تكتب بالشكل الآتي.

$H_0$ : البواقي تتوزع طبيعي

$H_1$ : البواقي لا تتوزع طبيعي

وعن طريق النتائج التي توصلنا اليها التي أظهرت ان القيمة الاحتمالية P-value لأحصاءة اختبار Jarque-Bera لأنموذج Chapman-Richard تساوي (0.055) أي اكبر من مستوى المعنوية 0.05 ومن ثم لا نرفض فرضية العدم  $H_0$  أي ان البواقي تخضع للتوزيع الطبيعي. والشكل الآتي يمثل القيم المدرة لأنموذج جابمان ريتشارد.



الشكل (3) يبين رسم القيم المقدرة لأنموذج جابمان-ريتشارد Chapman-Richard

choose the Best model

(3-5) اختيار الأنموذج الأفضل

بعد تقدير معاملات النماذج اللاخطية وفحص معنوية المعلمات وكذلك معرفة معنوية هذه النماذج. تأتي بعدها مرحلة اختيار الأنموذج الأفضل الذي يمثل بيانات سلسلة اعداد المصابين بفيروس Covid-19. عن طريق المعايير الإحصائية وهي (AIC, BIC, H-Q). كما مبين في الجدول الآتي.

	Exponential model	Gompertz model	Logistic model
AIC	1081.152	1017.026	1012.542
BIC	1068.76	1025.438	1020.945
H-Q	1083.43	1020.443	1015.959

جدول (4) يمثل قيم معايير المفاضلة بين النماذج اللاخطية

ومن النتائج التي توصلنا اليها والمبينة في الجدول (4) وباستعمال المعايير الثلاثة (AIC,BIC,H-Q) إذ اتفقت هذه المعايير على ان الأنموذج اللوجستي Logistic model هو أفضل أنموذج يلائم بيانات اعداد المصابين بفيروس Covid-19 والذي يعطي اقل قيمة لهذه المعايير. ويأتي بعده أنموذج Von Bertalanffy وأنموذج Chapman-Richard على الترتيب. وللمقارنة بين نتائج التنبؤ للنماذج الثلاثة على الرغم من ان المعايير اعطت بان الأنموذج اللوجستي هو الافضل لكن استعمل النماذج الثلاثة للتنبؤ بأعداد الاصابات اليومية لفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة وكما في المبحث الآتي

## Forecasting

## (4) التنبؤ

استخدم أفضل أنموذج (الانموذج اللوجستي) للتنبؤ بأعداد المصابين بفيروس كوفيد-19 في محافظة كربلاء المقدسة. والجدول التالي تمثل القيم التنبؤية للنماذج الثلاثة المستخدمة في هذا البحث.

## جدول (5) يمثل القيم التنبؤية لأنموذج فون بيرتلانفي Von Bertalanffy model

1/10/2020	210.7068	7/10/2020	211.4523
2/10/2020	210.8411	8/10/2020	211.5633
3/10/2020	210.9713	9/10/2020	211.6708
4/10/2020	211.0973	10/10/2020	211.7749
5/10/2020	211.2194	11/10/2020	211.8758
6/10/2020	211.3377	12/10/2020	211.9735

## جدول (6) يمثل القيم التنبؤية لأنموذج اللوجستي Logistic model

1/10/2020	211.2984	7/10/2020	211.3089
2/10/2020	211.3006	8/10/2020	211.3101
3/10/2020	211.3026	9/10/2020	211.3112
4/10/2020	211.3044	10/10/2020	211.3122
5/10/2020	211.3061	11/10/2020	211.3131
6/10/2020	211.3076	12/10/2020	211.3139

## جدول (7) يمثل القيم التنبؤية لأنموذج جابمان ريتشارد Chapman Richard model

1/10/2020	210.3462	7/10/2020	210.3918
2/10/2020	210.3553	8/10/2020	210.3967
3/10/2020	210.3637	9/10/2020	210.4029
4/10/2020	210.3715	10/10/2020	210.79
5/10/2020	210.3788	11/10/2020	210.4126
6/10/2020	210.3855	12/10/2020	210.4169

من الجداول (5,6,7) نلاحظ ان هنالك تقارب بين القيم الحقيقية والقيم التنبؤية للنماذج اللاخطية المستعملة في هذا البحث، كذلك نلاحظ التقارب الكبير بين القيم التنبؤية للنماذج الثلاثة. اما المعلمات المقدرة وحسب اختبار  $t$  وقيمة الاحتمال  $prob$  المرافقة لكل معلمة نجد أن جميع معاملات النماذج اللاخطية هي معلمات معنوية ومؤثرة في الأنموذج وذات دلالة إحصائية. كذلك اختبار  $F$  إذ أظهرت النتائج أن جميع النماذج معنوية احصائيا وهي صفة جيدة ومرغوبة في الأنموذج وإمكانية الاعتماد على نتائجه للتنبؤ. ولقياس الكفاءة التنبؤية للنماذج الثلاثة المستعملة في هذا البحث سوف نستعمل كل من مقياس (MSE) ومقياس (RMSE). والجدول الآتي يبين النتائج التي جرى التوصل اليها لهذه المقاييس.

	Von Bertalanffy	Logistic	Chapman-Richard
MSE	4599.319	3925.481	4108.611
RMSE	67.818	62.653	64.098

جدول (8) يبين مقاييس القوة التنبؤية للنماذج اللاخطية

ومن نتائج الجدول (8) وبالاعتماد على مقاييس القوة التنبؤية إذ أظهرت النتائج ان القيم التنبؤية للأنموذج اللوجستي Logistic model هي أكثر دقة من نتائج القيم التنبؤية للنماذج الأخرى والذي يعطي اقل قيمة لهذه المقاييس. وهذا يدل على كفاءة الأنموذج المقترح والذي يمثل الأنموذج الملائم للبيانات اليومية لأعداد المصابين بفيروس Covid-19.

### (5) الاستنتاجات والتوصيات

#### 1-5 الاستنتاجات

اعتمادا على النتائج توصل الباحث الى مجموعة من الاستنتاجات كالآتي:

1. إن سلسلة اعداد المصابين بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة للمدة من (1-6-2020) الى (30-9-2020). تمثل سلسلة زمنية غير مستقرة وغير خطية وغير متجانسة وذلك حسب الاختبارات الإحصائية المستعملة في هذه الدراسة.
2. عند المقارنة بين النماذج اللاخطية للسلاسل الزمنية المستعملة في هذه الدراسة عن طريق المعايير الإحصائية (AIC, BIC, H-Q). وجد أن الأنموذج الأكثر ملائمة هو الأنموذج اللوجستي Logistic model ثم أنموذج فون بيرتالانفي Von Bertalanffy model ومن ثم أنموذج جابمان ريتشارد Chapman-Richard model وحسب اقل قيمة لهذه المعايير.
3. باستعمال اختبار  $F$  لاختبار معنوية النماذج اللاخطية بينت النتائج ان جميع هذه النماذج معنوية احصائيا وهذا يدل على كفاءة النماذج للتنبؤ. كذلك باستعمال اختبار  $t$  لاختبار معنوية معاملات الأنموذج بشكل خاص، إذ بينت النتائج ان جميع معاملات هذه النماذج معنوية احصائيا.

4. هنالك تقارب بين القيم التنبؤية للمدد اللاحقة ولجميع النماذج اللاخطية. ولكن من جهة الأفضل فان الأنموذج اللوجستي Logistic model هو أفضل أنموذج للتنبؤ بأعداد الإصابات بفيروس Covid-19 في محافظة كربلاء المقدسة. وذلك من مقاييس القوة التنبؤية (MSE, RMSE). إذ يعطي اقل قيمة لهذه المعايير. وهذا يدل على كفاءة النموذج للتنبؤ.

### (2-5) التوصيات

بناء على الاستنتاجات آنفة الذكر يمكن أن تُحدد بعض التوصيات كالآتي:

1. نوصي بدراسة نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية متعددة المتغيرات للحالات التي تتطلب بحوث للتنبؤ في المجالات الطبية والفيروسات الأخرى التي تتأثر بأكثر من متغير مستقل واحد مثل متغير الجنس والعمر وغيرها.
2. نوصي دائرة صحة كربلاء المقدسة والجهات المعنية بالاعتماد على نتائج القيم التنبؤية للأنموذج اللوجستي Logistic model للتنبؤ بأعداد الإصابات ووضع الخطط المستقبلية على ضوء هذه الأعداد لمواجهة هذه الجائحة.
3. تعميم هذه الدراسة الى دراسات مشابهة في بقية محافظات العراق والأخذ بالنتائج والأفادة منها في وضع الخطط المستقبلية للتغلب على هذه الجائحة

### المصادر العربية

1. حسن، يحيى حمود، زكي، حسام الدين، (2012)، "تحليل العلاقة بين أسواق النفط والسياسة النفطية العراقية بالاعتماد على السلاسل الزمنية"، مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد 8، العدد 25.
2. سكاف، ميشيل، أبو زخم، عبد الله، مثبوت، شفا، (2011)، " تغيرات الحرارة في المناطق شبه الجافة والجافة وشديدة الجفاف في سورية وآثارها الكامنة في الغطاء النباتي"، المجلة العربية للبيئات الجافة، العدد 6، ص: (42-54).
3. عبيد، حميد، "الاقتصاد القياسي"، دار الكتب، موزعون وناشرون، العراق، كربلاء، 2017.
4. قاسم، سماح محمد، يونس، عبد الوهاب محمد، عبد الغني، عمر مقداد، (2020)، "فحص التجانس لسلاسل الأمطار في مناطق مختارة من العراق"، مجلة الرافدين الهندسية، المجلد 25، العدد 1، ص: (126-137).
5. محمد، شيخي، "طرائق الاقتصاد القياسي"، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الأولى، 2012.
6. الناصر، عبد المجيد حمزة، رشيد، ظافر حسين، "الأرقام القياسية وتحليل السلاسل الزمنية"، بغداد، جامعة بغداد، 2013.

المصادر الأجنبية

7. AMARAL, M. T. R., CONCEIÇÃO, K. S., de ANDRADE, M. G., & PADOVANI, C. R. (2020). Generalized growth curve model for covid-19 in brazilian states. *Revista Brasileira de Biometria*, 38(2), 125-146.
8. Franses, P. H. (1994). Gompertz curves with seasonality. *Technological forecasting and social change*, 45(3), 287-297.
9. Ma, J. (2020). Estimating epidemic exponential growth rate and basic reproduction number. *Infectious Disease Modelling*, 5, 129-141.
10. Salman Dawood, A., Ashour Akesh, A., & Sagban Khudier, A. (2018). Study of Surface Water Quality and Trends Assessment at Shatt Al-Arab River in Basrah Province. *journal of kerbala university*, 14(1), 215-231.
11. Salman Dawood, A., Ashour Akesh, A., & Sagban Khudier, A. (2018). Study of Surface Water Quality and Trends Assessment at Shatt Al-Arab River in Basrah Province. *journal of kerbala university*, 14(1), 215-231.
12. Wang, X. S., Wu, J., & Yang, Y. (2012). Richards model revisited: Validation by and application to infection dynamics. *Journal of theoretical biology*, 313, 12-19.