AL- Rafidain University College

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

مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم

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

JRUCS

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

استعمال النماذج اللامعلمية للتنبؤ بعدد اصابات COVID -19

أ.د. جاسم ناصر حسين	م.م احمد تركي عبد علي
Jasim.nasir@uokerbala.edu.iq	ahmed.turki@uokerbala.edu.iq2
كلية الادارة والاقتصاد - جامعة كربلاء، كربلاء، العراق	

المستخلص

تعاني الغالبية العظمى من البلدان من الأزمات الاقتصادية والصحية بسبب الوباء الحالي لمرض فيروس كورونا (COVID-19). ولدراسة اي ظاهرة لابد من نمذجة المتغيرات التي نظن انها مؤثرة في هذه الظاهرة. في مقدمة هذه النماذج ما يسمى بنماذج الانحدار إذ تقوم نماذج الانحدار باستكشاف العلاقة ما بين المتغيرات التوضيحية ومتغير الاستجابة إذ تفترض الطرائق المعلمية أن العينة تأتي من مجتمع معين له عائلة معروفة من التوزيعات لكن غالبا ما يكون التوزيع المعلمي المفترض لا يكون بالضرورة التوزيع الفعلي للبيانات المراد حلها، إذ ان الافتراض الخاطئ للتوزيع المعلمي للبيانات المعطاة قد يؤدي بالطرائق الإحصائية المستعملة إلى استنتاجات غير صحيحة وتقديرات غير متسقة, فالطرائق المعلمية تكون على الأغلب غير ملائمة للبيانات الصغيرة او التي ليس لها توزيع معلوم. في حين يمكن للطرائق اللامعلمية والتي هي صف واسع من النماذج المرنة، بحيث تكون اقل تشددا و وصفا اي تقوم بإعطاء وصف عام للعلاقة مما جعلها اداة مرغوبة لدى اغلب الباحثين.

تهدف الدراسة الحالية الى التنبؤ بعدد الاصابات بمرض (COVID – 19) في العراق باستعمال النماذج اللامعلمية ،مثل انحدار متعدد الحدود (Polynomial regression) وانحدار الشرائح (regression Spline). وسيتم المقارنة بين هذه النماذج بأستعمال معيار (Akaike information criterion) (AIC) و(Bayesian information criterion) (BIC) لاختيار افضل انموذج للتنبؤ بعدد الاصابات.

معلومات البحث

تواريخ البحث

تاريخ تقديم البحث: 2021/8/16
تاريخ قبول البحث: 2021/11/9
تاريخ رفع البحث على الموقع: 2022/12/31

الكلمات المفتاحية

النماذج اللامعلمية، التنبؤ، وباء كورونا.

للمراسلة:

أ.د. جاسم ناصر حسين
Jasim.nasir@uokerbala.edu.iq

doi: https://doi.org/10.55562/jrucs.v52i1.541

1. المقدمة

الانحدار هو أداة إحصائية تقوم ببناء أنموذج إحصائي لتقدير العلاقة بين المتغير المعتمد ومتغير أخر أو عدة متغيرات مستقلة مكونة معادلة توضح العلاقة بين هذه المتغيرات, والانحدار يكون على نوعين هما الانحدار الخطي (Regression Linear) والانحدار اللاخطي (Regression Nonlinear) اذ تكون المتغيرات في الانحدار الخطي بأسس مساوية للواحد، بينما في الانحدار اللاخطي تكون بأسس مختلفة أو على هيئة صيغ لوغاريتمية أو متعدد حدود وغيرها من انواع المختلفة.

بعد مرور اكثر من سنة من ظهور فيروس كورونا في الصين، تم تأكيد حوالي 1070366 حالة إصابة تراكمية مسجلة وتم الإبلاغ عن الوفيات المرتبطة بها 15498 حالة على مستوى العراق لغاية 1/ ايار 2021. انتشر المرض بسرعة كبيرة في أقل من نصف عام، الصحة العالمية أعلنت منظمة (WHO) أنه وباء عالمي. لا يزال المرض ينتشر بمعدل ينذر بالخطر على سبيل المثال، بحلول 26 تموز 2021، سجلت في العراق حوالي (1564828) فقط الحالات المؤكدة، مع 18347 حالة وفاة تراكمية. مقارنة بالإحصاءات الحالية للعراق، من الواضح أن الانتشار آخذ في الارتفاع. والارتفاع المفاجئ في عدد الحالات المسجلة والوفيات المرتبطة بها يعني أن التدابير الوقائية والإدارية ليست فعالة. هذا يعني كذلك أن الفهم الحالي الديناميكيات الكاملة للمرض غير متوفرة. وتعود معظم حالات الوفاة في العراق إلى الافتقار إلى المرافق الصحية الكافية للأفراد والمعدات كذلك عدم الالتزام الصحي.

ولمعرفة العدد المستقبلي المتوقع للحالات فمن شأن التقدم في الدراسات والبحوث أن يساعد صانعي السياسات والادارة من الاعتماد على أداة او انموذج تنبؤي ضروري للإدارة الفعالة للحالات والوقاية منها. لذلك ، اللجوء للنماذج الإحصائية والرياضية الدقيقة ضرورية حيث أن النماذج قادرة على التنبؤ بالأحداث المستقبلية لفيروس كورونا والوقاية من مرض (COVID-19) يمكن تطوير سياسات فعالة ضد الفيروس من استنتاجات البيانات والنمذجة والنتائج العلمية بما في ذلك اللقاحات.

يهدف هذا البحث الى تناول طرق متعلقة بالتمهيد دوال الانحدار اللامعلمي بهدف ايجاد افضل انموذج الذي يلائم البيانات الحالية لغرض الحصول على معلومات اولية مستقبلية تفيد صاحب القرار باتخاذ التدابير الممكنة واتخاذ القرار السليم.

2. الطرق

يناقش هذا القسم الطرق الإحصائية التي لها القدرة على توضيح وشرح اللاخطية في عدد حالات اصابة COVID-19. هناك حالات حيث العلاقة بين متغير الاستجابة و متغير التوضيحي غير خطي, هناك طرق يمكن استخدامها لتعديل نموذج الانحدار اللاخطي إلى تمكينهم من التقاط التأثيرات الغير الخطية[3,7,10].

2.1.انحدار متعدد الحدود (Polynomial Regression) :

هو أحد أشكال تحليل الانحدار يمتد نهج الانحدار متعدد الحدود إلى الانحدار الخطي ويتم فيه نمذجة العلاقة بين المتغيّرات التوضيحية والمتغيّر المعتمد في كثير حدود من الدّرجة n ،يستعمل انحدار متعدد الحدود (Polynomial Regression) عندما تكون العلاقة بين المتغير التوضيحي والمتغير المعتمد غير خطية, وله تطبيقات واسعة في البحوث المتعلقة بدوال التكلفة ولإنتاج وكذلك الامراض, وصيغته[1,2,5]:

$$y = \theta_0 + \theta_1 x_{i1}^1 + \theta_2 x_{i1}^2 + \cdots + \theta_k x_{i1}^k + ei \quad (1)$$

θ_1: معلمة التاثير الخطي
θ_2 : معلمة التأثير التربيعية
وتكون العلاقة الرياضيّة بالشّكل التّالي:

$$y = \theta_0 + \sum_{1}^{n} \theta_i \, x_i^n + ei$$

2.2. انحدار الشرائح (Spline regression):

يمكن تعريف هذه النماذج بانها نماذج المتغير الوهمي مع واحد او اكثر من القيود المستمرة وتجنب نماذج الشرائح القطع غير المناسبة لدمج اثنين من خطوط الانحدار كما تستخدم العقد (knote) لدمج كل من خط الانحدار الصاعد والنازل وهذا النوع من الشرائح يسمى نموذج الانحدار القطعي (piecewise linear regression model) والذي يتضمن متغيراً توضيحياً مستمراً اما المتغير المعتمد فهو دالة مستمرة للمتغير التوضيحي حول كل القطع كل ميل مختلف لكل جزء منفصل[9,10,4].

تستخدم نماذج الشرائح عندما يكون خط الانحدار مقسم الى عدة اقسام بواسطة نقاط ربط تسمى عقد الشرائح (knote spline) يتم في انحدار الشرائح تقسيم مجال المتغير التوضيحي X والمتمثل بالفترة[b,a] بواسطة مجموعة من المواقع التي تعرف بالعقد والتي يرمز لها ($k_1, k_{2,\ldots,} k_k$) والتي تكون مرتبة تصاعديا اذ ان

($a = k_1 < k_2 < \cdots < k_k = b$) وبالاعتماد على تلك العقد ودوال اساس القطع (حدود دوال دالة الانحدار (function basis power truncated) من درجة معينة p) مثلا والمعرفة كالاتي: [8,6,2]

$$1, x, x^2, .., x^p, (x - x_1)_+^p, \ldots \ldots, (x - k)_+^p$$

حيث ان الاشارة الموجبة تشير الى:

$$(x-k)_+^p = \begin{cases} (x-k)^p & if \;\; x-k>0 \\ 0 & if \;\; x-k<0 \end{cases}$$

وتسمى $(x-k)_+^p$ متعدد الحدود المبتور (truncated polynomial function) من الدرجة P وان (k) تعرف بالعقد الداخلة التي تقسم الفترة [b,a] الى ki من الفترات الجزئية ويمكن ان نعبر عن تلك الفترات الجزئية بالفترة شبه المغلقة.
ويوجد اكثر من نوع من الشرائح منها الخطية والتربيعية ومن أكثر الشرائح شيوعا الشرائح التكعيبية (Cubic Spline) بسبب خصائص الاستمرارية التي تمتلكها وتكتب الشرائح التكعيبية بالشكل الاتي:

$$s(x) = \theta_0 + \theta_1 x + \theta_2 x^2 + \theta_3 x^3 + \sum_{i=1}^{k} (x - ki)^3 \quad (2)$$

يمكن تحقيق مرونة المنحنيات عن طريق زيادة عدد العقد أو درجة كثير الحدود. ومع ذلك ، تجدر الإشارة إلى أن زيادة عدد العقد قد يؤدي إلى الإفراط في التجهيز بسبب الفروق العالية المرتبطة بها. علاوة على ذلك ، قد يؤدي تقليل عدد العقد إلى وظيفة صارمة ومقيدة بدرجة أكبر من التحيز[7,4,3].

$$f(x) = \sum_{k=1}^{k+p+1} \beta_k B_k(x)$$

على الرغم من أن خاصية المرونة في المفاتيح تجعلها خيارا أفضل لتركيب مجموعات البيانات، إلا أن هناك تحديات مرتبطة مع عدد من المعلمات، واختيار وظائف الأساس B ودرجة متعدد الحدود في نهاية المطاف يكون لها تأثير مهم. أن نماذج الشريحة قوية لدرجة p من متعدد الحدود. متعدد الحدود مع درجة p = 3 (متعدد الحدود مكعب. إذا كان مطلوب مشتقات المنحنيات المجهزة، ثم متعدد الحدود أعلى أمر مناسب. لديهم لاحظ أن النماذج متعددة الحدود مع درجة p > 3 هي "لا يمكن تمييزها بشكل فعال"[8,5,1].

توليد المتغيرات المحولة التي تضاف لأنموذج الشرائح هذا الإجراء حيث المرونة تعتمد الدالة غير الخطية الناتجة بالكامل على عدد العقد التي يشار إليها باسم خطوط الانحدار. إذا كان يضاف مصطلح العقدة إلى نمذجة الشريحة. في هذه الحالة ، يجب تعديل كل دالة انحدار بشكل منفصل للحصول على خطوط ناعمة تظهر عدة خصائص مرغوب فيها. بالإضافة الى ذلك ، يمكن العثور على خيارات ودوال Bk الأساسية للخطوط الرئيسية [10,2].

3. الجانب العملي

تم الاعتماد على برنامج (R studio) لاستخراج النتائج للبيانات التي تمثل عدد الاصابات اليومية بمرض (COVID-19) في العراق لعينة بحجم (50) يوم من الموقع الرسمي لوزارة الصحة العراقية من تاريخ (2021/6/20) ولغاية (2021/8/10).

3.1. انموذج الانحدار متعدد الحدود (polynomial regression):

لاختيار انموذج الانحدار المتعدد الافضل سوف نستخدم معايير للمقارنة وهي معيار المعلومات لاكاكي (AIC) ومعيار المعلومات البيزي (BIC) وكذلك معامل الانحدار المتعدد (R^2) ويتم اختيار الانموذج الذي يصاحب افضل قيم من هذه المعاير وكما مبين بالجدول ادناه

جدول (1): يوضح قيم (R^2, AIC,BIC) انموذج متعدد الحدود باختلاف الرتب

المعيار	درجة الانموذج				
	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة
AIC	872.64	870.13	867.16	860.48	862.07
BIC	880.29	879.69	878.63	873.87	877.32
R^2	0.63	0.65	0.68	0.75	0.72

نلاحظ ان القيم لمعيار المعلومات لاكاكي (AIC) ومعيار المعلومات البيزي (BIC) كانت عند الانموذج ذو الرتبة الخامسة الاقل كذلك قيمة (R^2) هي الافضل لذلك يعتبر هو الانموذج المتعدد الحدود المثالي بالنسبة للانحدار متعدد الحدود والذي تم تقدير معادلته كما يلي:

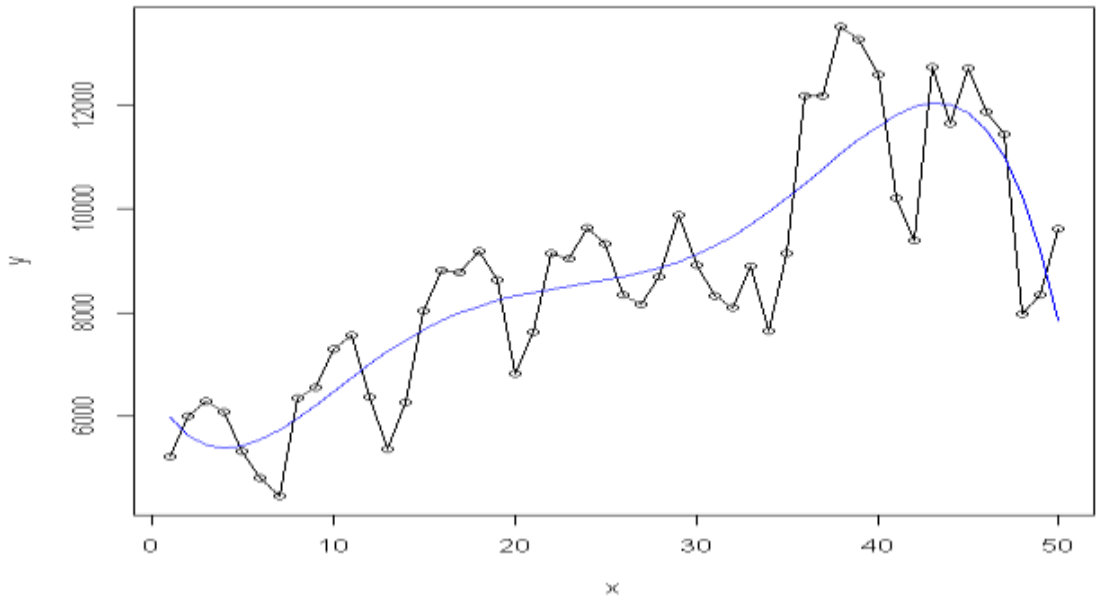
$$y = 6257 - 310.5X + 15.31X^2 - 0.364X^3 - 0.0045X^4 - 0.00002X^5 \quad (3)$$

ولاختبار معنوية هذه العلاقة بشكل عام نستخدم اختبار F اذا كانت قيمته تساوي (27.12) عنده درجة حرية عدد المتغيرات المقدرة (5) وعدد المشاهدات ناقص عدد المعالم المقدرة (44) وكانت قيمة P-value تساوي ($2*10^{-12}$) وهي اقل من مستوى المعنوي (0.05) وهذا يعني رفض فرضية العدم (التي تنص على ان الانموذج بشكل عام غير معنوي) اي ان العلاقة المقدرة بشكل عام هي علاقة معنوية. ولاختبار معنوية المعالم المقدرة تم استخدام اختبار (t) وكانت النتائج كما موضحة في الجدول ادناه

جدول (2): يوضح معنوية المعالم المقدرة لأنموذج متعدد الحدود من الرتبة الخامسة

المعلمة	التقدير	قيمة t	P-value
Intercept	6257	5.237	4.39e-06 ***
θ_1	-310.5	-1.390	0.1714
θ_2	15.31	2.075	0.0438 *
θ_3	-0.364	-2.380	0.0217 *
θ_4	-0.0045	2.646	0.0113 *
θ_5	-0.00002	-2.888	0.0060 **

نلاحظ ان قيمة P-value للمعالم هي اقل من 0.05 وبالتالي تعتبر ذات تأثير معنوية بمقدار قيمة تلك المعلمة على الانموذج ما عدا الميل الحدي الاول فهو غير معنوية.

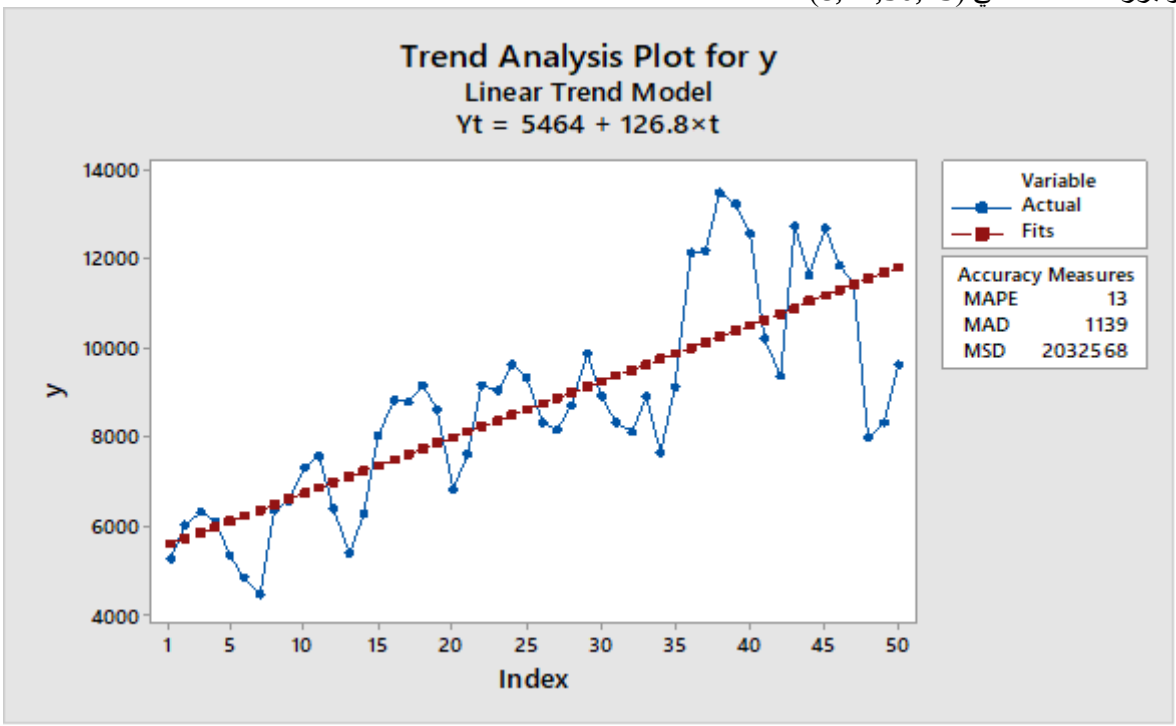


شكل (1): يوضح خط الانحدار لنموذج (polynomial) من الدرجة الخامسة

3.2.انحدار الشرائح

1. تحديد عدد العقد واماكنها

تم تحديد العقد من خلال الرسم واختبار اكثر من قيمة كما في الشكل ادناه اذا تعتبر النقطة التي تشكل انقلاب بالسلسة عقدة وابرز هذه النقاط هي (8,24,30,45)



شكل (2): يوضح نقاط الانقلاب بالسلسلة

2. تحديد الانموذج المناسب

لتحديد الانموذج المناسب من بين النماذج في انحدار الشرائح سوف نعتمد مرة اخرى على معيار المعلومات لاكاكي (AIC) ومعيار المعلومات البيزي (BIC) وتم تقدير النماذج الثلاثة وادراج قيم المعايير بالجدول التالي

جدول (3): يوضح قيم (R^2, AIC,BIC) لأنموذج انحدار الشرائح

المعيار	نوع الانموذج (انحدار الشرائح)		
	خطي	التكعيبي	تكعيبي مقيد
AIC	855.273	858.3524	856.2163
BIC	868.6571	875.5606	869.6004
R^2	0.7742	0.7472	0.74

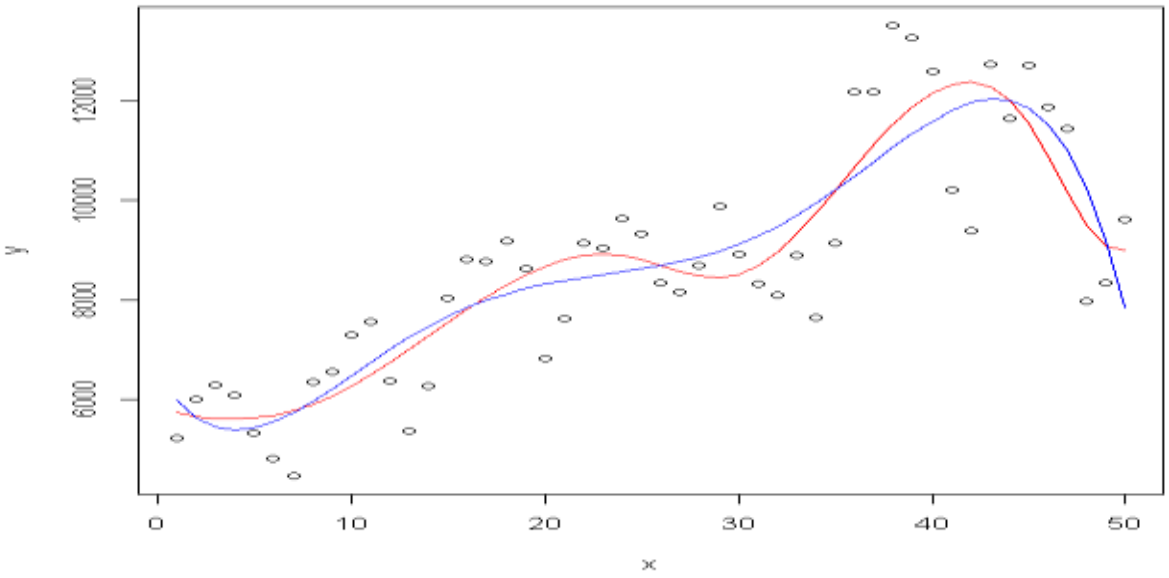
نلاحظ ان قيم معياري AIC و BIC كانت اقل عند انموذج الشرائح الخطي و (R^2) هي الاعلى لذلك يعتبر هو الانموذج الاكثر ملائمة من نماذج انحدار الشرائح وقد تم تقديره معالمه كما في المعادلة التالية

$$y = 5624.9 + 4361.4X + 1704.7\,S1 + 9708.3\,S2 + 4027.8\,S3 + 2605.3\,S4 \quad (4)$$

Ki: العقد
Si:المتغير الشريحة الجديد

Ki=(8,24,30,45) Si=(Xi-Ki)
(S1=xi-8 , S2=Xi-24 , S3=Xi-30 , S4=Xi-45)

وسيتم اختبار معنوية هذه العلاقة بشكل عام نستخدم اختبار F والذي كانت قيمته تساوي (31.07) عنده درجة حرية (5) و (44) ومستوى معنوي (0.05) فكانت قيمة P-value تساوي ($2*10^{-13}$) وهي اقل من مستوى المعنوي اي ان العلاقة المقدرة بشكل عام هي علاقة معنوية. ولاختبار معنوية المعالم المقدرة بشكل منفرد تم استخدام اختبار (t) وكانت النتائج كما في الجدول ادناه :



شكل (3): علاقة نماذج انحدار الشرائح

--- : خط انموذج الانحدار الشرائح الخطية
---- : خط انموذج الانحدار الشرائح التكعيبي

جدول (6): يوضح معنوية المعالم المقدرة للأنموذج انحدار الشرائح الخطي

المعلمة	التقدير	قيمة t	P-value
Intercept	5624.9	8.122	2.69e-10 ***
θ_1	4361.4	4.770	2.05e-05 ***
θ_2	1704.7	1.438	0.15752
θ_3	9708.3	9.167	9.11e-12 ***
θ_4	4027.8	2.210	0.03234 *
θ_5	2605.3	3.096	0.00341 **

نلاحظ ان قيمة P-value للحد الثابت و الميل الحدي الاول والميل الحدي الثالث والميل الحدي الرابع والميل الحدي الخامس هي اقل من 0.05 وبالتالي تعتبر ذات تأثير معنوي بمقدار قيمة تلك المعلمة اما الميل الحدي الثاني فهو غير معنوية .

جدول (7): يوضح قيم (R^2, AIC,BIC) لا نموذجي الشرائح الخطية والمتعدد

Model	AIC	BIC	R^2
Polynomial	860.48	873.87	0.72
Linear Spline	855.27	868.65	0.77

من خلال الجدول رقم (7) يبين ان انموذج الشرائح الخطية هو الافضل اعتمادا على مقايس المقارنة لذا يتم التنبؤ لعشرة ايام قادمة من خلال المعادلة (5) لأنموذج الشرائح الخطية

جدول (8): القيم التنبئية لعشرة ايام وفق انموذج الشرائح الخطية

Day	Linear spline
1	663698.1
2	686105.6
3	708513.1
4	730920.6
5	753328.1
6	775735.6
7	798143.1
8	820550.6
9	842958.1
10	865365.6

4. الاستنتاجات والتوصيات

1. بعد اختبار نماذج مختلفة من الانحدار متعدد الحدود وانحدار الشرائح وعقد مختلفة تم الحصول على افضل انموذج للشرائح الخطية باعتماد معايير المقارنة المذكورة سابقا.
2. من خلال البيانات المتحصل عليها من انموذج التنبؤ نلاحظ ان الانموذج في حالة تزايد بعدد الاصابات وهذا يوحي بالخطر الصحي القادم.
3. نوصي بعمل بحوث مشابهة لبناء نماذج احصائية بالاعتماد على نماذج مختلفة او طرق جديدة مثلا طريقة النماذج التجميعية المعممة (Generalized Additive Models (GAM).
4. نوصي الجهات المعنية مراقبة الوضع عن كثب واخذ التدابير المناسبة لمواجهة هذه الجائحة.

y	x	y	x	y	x	y	x	y	X
1	5139	11	4814	21	8818	31	8336	41	12180
2	5189	12	4468	22	8777	32	8149	42	12185
3	5068	13	6346	23	9189	33	8698	43	13515
4	3608	14	6558	24	8636	34	9883	44	13259
5	4160	15	7300	25	6821	35	8922	45	12597
6	5235	16	7554	26	7616	36	8320	46	10215
7	6003	17	6378	27	9149	37	8106	47	9394
8	6297	18	5375	28	9046	38	8905	48	12734
9	6093	19	6264	29	9635	39	7653	49	11644
10	5325	20	8030	30	9337	40	9147	50	12713

Y: عدد الاصابات
X: يوم الاصابة

المصادر

[1] خمو، خلود يوسف و قيس، ساندي، "مقارنة بعض طرائق الانحدار اللامعلمي الجمعي"، مجلة جامعة النهرين، المجلد 16، العدد 3، 2013.

[2] الشاروط، محمد حبيب و مطير، حافظ محمد، "مقارنة بعض طرائق تمهيد الانحدار اللامعلمي باستخدام المحاكاة"، مجلة القادسية لعلوم الحاسوب والرياضيات، المجلد 3، العدد 2، 2011.

[3] الصفاوي، صفاء يونس ومتي، نور صباح، "تقدير دوال الانحدار اللامعلمي باستخدام بعض أساليب التمهيد"، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية، العدد 20، 2011.

[4] علي عمر عبد المحسن، "مقارنة مقدرات النماذج التجمعية المعممة باستخدام الشرائح التمهيدية عند تحليل الانحدار اللامعلمي والشبه معلمي"، أطروحة دكتوراه فلسفة في الإحصاء، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد،2007.

[5] Abdul-Karim Iddrisu, Emmanuel A. Amikiya, "A predictive model for daily cumulative COVID-19 cases in Ghana version 1"F1000Research, 10: 343, 2021

[6] Abdulwasaa MA, Abdo MS, Shah K, et al., "Fractal-fractional mathematical modeling and forecasting of new cases and deaths of covid-19 epidemic outbreaks in india", Results Phys. 2021; 20: p. 103702.

[7] Delaigle A. & Meister A., "Nonparametric Regression Estimation in the Heteroscedastic Errors in Variables Problem", Journal of the American Statistical Association, vol. 102 , No. 480, 2007.

[8] Ibrahim, N. A. and Suliadi, "Nonparametric Regression for Correlated Data", Wseas Transaction On Mathematics, Vol. 8, Issue 7, 2009.

[9] Ruppert, D., Wand, M.P., and Carroll, R.J., Semi parametric Regression, Cambridge University Press, New York, 2003.

[10] Wand, M. P., "A Comparison of Regression Spline Smoothing Procedures," Computational Statistical 15, 443-462, 2000.

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences (2022); Issue 52; 47-54

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

Using Nonparametric Models to Forecast the Number Injuries of COVID -19

Prof. Dr. Jassim N. Hussain	Assist. Lect. Ahmed T. Abed Ali
Jasim.nasir@uokerbala.edu.iq	ahmed.turki@uokerbala.edu.iq2
Dep. of statistics, College of Administration and Economics, University of Karbala, Karbala, Iraq.	

Article Information

Article History:
Received: August, 16, 2021
Accepted: November, 9, 2021
Available Online: December, 31, 2022

Keywords:
nonparametric models, prediction, Corona epidemic.

Abstract

The vast majority of countries are experiencing economic and health crises due to the current pandemic of the Coronavirus disease (COVID-19). In order to study any phenomenon, it is necessary to model the variables that we believe are influential in this phenomenon, and at the forefront of these models are the so-called the Regression Models. These models explore the relationship between the explanatory variables and the response variable. As the parametric methods assume that the sample comes from a specific population with a known family of distributions, the assumed parametric distribution is often not necessarily the actual distribution of the data to be solved, as the wrong assumption of the parametric distribution of the given data may lead the statistical methods used to incorrect conclusions and inconsistent estimates. Misusing of the parametric distribution for the given data may lead to incorrect conclusions and inconsistent estimation. Parametric methods are often inappropriate for data that is small or has no known distribution, while the nonparametric methods, which are a wide array of flexible models, can be less stringent and less descriptive, that is, they give general description for the relationship, which made it desirable tool for researchers. The objective of the study is to analyze the number of cases of (COVID-19) in Iraq using nonparametric models, such as Polynomial Regression, Spline Regression, and Generalized Additive Models GAM. These models will be compared using the comparison criterion Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC) for choosing the best model to forecast the number of COVID-19 infections in Iraq.

Correspondence:
Prof. Dr. Jassim N. Hussain
Jasim.nasir@uokerbala.edu.iq

doi: https://doi.org/10.55562/jrucs.v52i1.541