



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات
قسم الرياضيات الطبية

نموذج رياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال مرض الحصبة

بحث مقدم الى

كلية علوم الحاسوب والرياضيات / قسم الرياضيات الطبية كجزء من متطلبات
نيل شهادة البكالوريوس في الرياضيات الطبية

من قبل الطالب

منعم حميد جاسم

بإشراف

أ.م. د. ضياء غازي صالح و م. سعاد عبد فزاع

٢٠١٦ – ٢٠١٧

الأهداء

اهدي ثمرة هذا الجهد الى
الى الذين لولاهم ما كنا هنا الى من ضحوا بأغلى ما يملكون الى
الشهداء السعداء

الى رجال الله في ارضه الى من هبوا للدفاع عن الحرية والوطن
الحشد الشعبي المقدس

الى من حصد الأشواق عن دربي ليمهد لي طريق العلم
الى القلب الكبير
(الى والدي)

الى رمز الحب وبلسم الشفاء
الى القلب الناصع بالبياض
(الى والدتي)

شكر وتقدير

كل عبارات الشكر والتقدير موصولة الى أ. م. د. ضياء غازي صالح وم. سعاد عبد فزاع على ما قدماه لي من نصائح علمية مفيدة وتوجيهات ملهمة وارشادات عملية ورعاية ابوية طيلة فترة انجاز البحث كما اقدم شكري وامتناني لكل زملائي اخواني طلبة القسم وكذلك كل اساتذة ومنسبي الكلية على جهودهم المبذولة في سبيل انجاح العملية التعليمية في الجامعة.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

يَسْبِحُ اللَّهَ

مَا فِي السَّمَاوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ

الْمَلِكِ الْقَدُّوسِ الْعَزِيزِ الْحَكِيمِ (١)

هُوَ الَّذِي بَعَثَ فِي الْأُمِّيِّينَ رَسُولًا مِنْهُمْ

يَتْلُوا عَلَيْهِمْ آيَاتِهِ وَيُزَكِّيهِمْ

وَيُعَلِّمُهُمُ الْكِتَابَ وَالْحِسَابَ

وَأَن كُنَّا مِنْ قَبْلِهِ

لَنُفِي ضَلَالٍ مُّبِينٍ (٢)

صَدَقَ اللَّهُ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ

سورة الجمعة الآيات (١-٢)

الخلاصة

على الرغم من توافر لقاح مرض الحصبة منذ عام ١٩٦٣، إلا أن الأمراض المعدية لا تزال مستوطنة في أجزاء كثيرة من العالم بما فيها الدول المتقدمة ويتطلب القضاء على مرض الحصبة الحفاظ على عدد النسخ الفعالة أقل من الوحدة ($Re < 1$) فضلا عن تحقيق مستويات منخفضة من التعرض. الأمراض المعدية مجال كبير للنمذجة الرياضية وربط النماذج الرياضية للبيانات الأولية أو الثانوية. في هذا المشروع ركزنا على النموذج الرياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة لنحصل على نقطة التوازن الحرة (EFD) للمرض وعدد النسخ الفعالة وعدد النسخ الأساسية للنموذج. تم إجراء عمليات محاكاة لمتغيرات مختلفة للنموذج وقد تم تحليل الحساسية للمعلمات المضمنة المختلفة. وقد استخدمت لغة الـ (MATLAB) في عمليات المحاكاة للمعادلات التفاضلية العادية (EDOs) فضلا عن عدد النسخ.

الكلمات الرئيسية الحصبة، التطعيم، الحصانة، النمذجة الرياضية، حصانة المجتمع

المحتويات

المقدمة

الفصل الاول

١-١ المبحث الاول

١-١-١ الوصف العام للحصبة

٢-١-١ بيان المشكلة

٢-١ المبحث الثاني

١-٢-١ أهداف البحث

٢-٢-١ أسئلة البحث

٣-٢-١ أهمية البحث

الفصل الثاني

١-٢ المبحث الاول

١-١-٢ صياغة وتحليل النموذج

٢-١-٢ وصف للنموذج الرياضي المقسم

٣-١-٢ وصف المتغيرات والمعلومات

٤-١-٢ مخطط مقسم

٢-٢ المبحث الثاني

١-٢-٢ المعادلات التفاضلية

٢-٢-٢ الخصائص الأساسية للنموذج

٣-٢ المبحث الثالث

١ تحليل نموذج

الفصل الثالث

١-٣ المبحث الاول

١-١-٣ المحاكاة والنقاش

٢-٣ المبحث الثاني

١-٢-٣ تحليل الحساسية

٣-٣ المبحث الثالث

١١-٣-٣ الاستنتاجات والتوصيات والعمل في المستقبل

المراجع

المقدمة

النمذجة الرياضية هي من المهارات التي يمكن لعلم الرياضيات اتقانها والتمكن منها وعلى الاغلب لها تاثير كبير على زيادة دافعية الطلاب للتعلم، فعادة تستخدم الرياضيات في حل مشاكل افتراضية مستوحاة من الكتب وتعرض امام المتلقي ما يجعل الموضوع اكثر بعدا لعقل الطالب لكن ان تكون المشكلة حقيقية وواقعية وقريبة ويمكن للطلاب تحسسها فعلاً، النمذجة هي تطبيق الرياضيات في معالجة مشاكل واقعية في الحياة او مشاكل في الرياضيات نفسها او مشاكل في علوم اخرى وذلك عن طريق تحويل المشكلة الحياتية الى مسألة رياضية ثم التعامل مع هذه المشكلة وحلها واختيار افضل الحلول والذي يتناسب مع طبيعة المشكلة التي نعالجها، ومن ثم التعميم والتنبؤ ان امكن هذا بصورة عامة. في هذا المبحث استخدمنا النمذجة الرياضية لحل ومعالجة احد اخطر الامراض التي تنتشر بسرعة كبيرة نسبيا الا وهو مرض الحصبة، وتوصلنا الى بعض التوصيات والملاحظات التي نستعرضها لاحقا وبالتتابع في المباحث والفصول القادمة وناقشنا في هذه الدراسة وصف عام للحصبة، وبيان المشكلة، وأهداف البحث وأسئلة البحث وأهمية البحث .

الفصل الاول

مقدمة

ناقشنا في هذا المقطع خلفية مرض الحصبة، وأعراض مرض الحصبة، وانتقال الإصابة بالحصبة، وعلاج مرض الحصبة، والتحصين ضد مرض الحصبة والحالة الراهنة للحصبة.

١-١ المبحث الاول

١-١-١ خلفية الحصبة

الحصبة (وتسمى أيضا النكافية) هو التهاب فيروسي معد للغاية والتي يمكن ان توجد في كل انحاء العالم عن طريق الانتقال من شخص الى اخر ، فيروس الحصبة هو فيروس الباراميكسو، جنس (morbillivirus). على الرغم من أن القاح فعال ومتاح ومستخدم على نطاق واسع، لا تزال الحصبة تحدث حتى في البلدان المتقدمة. الأطفال دون سن الخامسة هم الأكثر عرضه للخطر حيث يصاب بهذا المرض حوالي ٣٠ إلى ٤٠ مليون طفل كل سنة، وتسبب في وفاة ما يزيد على ١ مليون نسمة واحد من أقرب الأوصاف المكتوبة عن الحصبة كمرض قدمه الاطباء العرب في القرن التاسع الذين وصفوا الاختلافات بين الحصبة والجذري في مذكراتهم الطبية. والطبيب الاسكتلندي فرانسيس هوم الذي أظهر في (١٧٥٧) أن الحصبة سببها عوا مل معدية موجودة في دم المرضى. في عام (١٩٥٤) تم عزل الفيروس المسبب للحصبة في بوسطن، ماساشوستس، واو جون أندرز وتوماس جيم بيبلز. قبل لقاح الحصبة، حصل ما يقرب من جميع الأطفال قد اصابوا بالحصبة بحلول الوقت الذي كان عمرهم ١٥ عاماً [٣].

٢-١-١ أعراض الحصبة

الأعراض الرئيسية للحصبة هي الحمى وسيلان الأنف، والسعال وطفح جلدي في كل أنحاء الجسم، كما تنتج خصائص الطفح الأحمر ويمكن أن يؤدي إلى مضاعفات خطيرة ومميتة، بما في ذلك الالتهاب الرئوي والإسهال والتهاب الدماغ. ويعاني العديد من الأطفال المصابين في وقت لاحق العمى أو الصمم أو ضعف في الرؤية كما ان الإصابة بالحصبة يمنح حصانة مدى الحياة من وقوع المزيد من الهجمات [١].

٣-١-١ انتقال الإصابة بالحصبة

الحصبة هو فيروس شديد العدوى والتي تعيش في مخاط الأنف والحنجرة للشخص المصاب. يمكن أن ينتشر إلى الآخرين عن طريق السعال والعطس.و أيضاً، يمكن أن يعيش فيروس الحصبة ليصل إلى ساعتين في مجال جوي فيه الشخص المصاب سعل أو عطس. إذا كان الأشخاص الآخرين تنفسوا الهواء الملوث أو لمسوا السطح المصاب، ثم لمسوا أعينهم أو أنوفهم أو أفواههم، يمكن أن يصابوا. الحصبة مرض معد لذلك اذا اصيب شخص واحد فان نسبة ٩٠% من المجتمع القريب من ذلك الشخص قد يصابون ايضاً. يمكن أن ينقل المصابين بالحصبة للآخرين من قبل أربعة أيام من خلال أربعة أيام بعد ظهور الطفح الجلدي. الحصبة مرض يصيب البشر؛ وينتشر فيروس الحصبة لا غيرها من الأنواع الحيوانية.

٤-١-١ علاج مرض الحصبة

لا يوجد أي علاج محدد للحصبة. الأشخاص المصابين بالحصبة بحاجة إلى الراحة في الفراش، والسوائل، والسيطرة على الحمى. و المرضى الذين يعانون من مضاعفات قد تحتاج إلى علاج محدد لهذه المشكلة.

١-١-٥ التحصين ضد الحصبة

هناك جرعتين من لقاح الحصبة، وينبغي إعطاء الجرعة الأولى من لقاح الحصبة والنكاف والحصبة الألمانية (MMR) في أو بعد عيد الميلاد الأول للطفل؛ ومدى العمر الموصى به من ١٢-١٥ شهرا. الجرعة التي تعطي قبل ان تحسب مدة ١٢ شهرا من العمر لن تنجح، حيث ينبغي جدولة موعد طبي للطفل مع هذا الاعتبار. عادة يتم إعطاء الجرعة الثانية للطفل عندما يصبح بعمر ٤ - ٦ سنوات ، أو قبل أنه أو أنها تدخل رياض الأطفال أو الصف الأول. ومع ذلك، يمكن إعطاء الجرعة الثانية في وقت سابق طالما كان هناك فاصل زمني من الجرعة الأولى منذ ما لا يقل عن ٢٨ يوما. الجرعة الأولى من الحصبة والنكاف والحميراء تنتج مناعة ضد الحصبة في ٩٠% إلى ٩٥% المتلقين. الجرعة الثانية من الحصبة والنكاف والحميراء تهدف إلى إنتاج الحصانة في أولئك الذين لم يستجيبوا للجرعة الأولى، ولكن نسبة مئوية صغيرة جداً من الناس قد لا يكون محمياً حتى بعد الجرعة الثانية و الشخص الذي كان لديه رد فعل حساسية شديدة (مثل تورم الشفاه أو اللسان، أو الحلق، وصعوبة في التنفس) بعد الجرعة الأولى من (MMR) لا يجب أن يتلقى جرعة ثانية. أي شخص يعلم أنه لديه حساسية لمكون من مكونات (MMR) (مثل الجيلاتين، النيوميسين) ينبغي أن لا يتلقى هذا اللقاح. كما هو الحال مع جميع اللقاحات للفيروسات الحية، المرأة التي تعرف بأنها حامل يجب أن لا تتلقى لقاح الحصبة والنكاف والحميراء، ويجب تجنب الحمل لمدة أربعة أسابيع بعد التطعيم مع (MMR). ويمكن تطعيم النساء المرضعات. لا ينبغي اعطاء لقاح الحصبة والنكاف والحميراء للأشخاص المصابين بأمراض مثل نقص المناعة الخلقية، الإيدز واللوكميا، وسرطان الغدد الليمفاوية، وهؤلاء الذين يتلقون العلاج للسرطان بالمخدرات أو الإشعاع أو بجرعات كبيرة من الكورتيكوستيرويدات. ينبغي تحصين الاتصالات المنزلية للناس وفقا للجدول الزمني الموصى به. على الرغم من أن الأشخاص المصابين بعدوى الإيدز أو فيروس نقص المناعة البشرية مع علامات الكبت المناعي الخطيرة لا ينبغي أن يعطوا لقاح (MMR) وكذلك المصابين بعدوى فيروس نقص المناعة البشرية الذين لديهم علامات الكبت المناعي يمكن وينبغي تحصينهم ضد الحصبة.

٦-١-١ الوضع الحالي لهذا المرض

كل سنة في الولايات المتحدة حوالي ٤٥٠-٥٠٠ شخص يفقدون حياتهم بسبب الحصبة ويتم إدخال حوالي ٤٨,٠٠٠ شخص الى المستشفى ، و ٧,٠٠٠ شخص اكتشفت اصابتهم بالمرض، ويعاني حوالي ١,٠٠٠ تلف دائم في الدماغ أو الصمم. اليوم لا يوجد سوى حوالي ٦٠ حالة سنوياً في الولايات المتحدة، ومعظم هذه تنشأ من خارج البلاد. ٦٥ من البلدان مع بيانات التسجيل الحيوي ($\geq 85\%$ من الوفيات المقدرة للأطفال الذين تقل أعمارهم عن ٥ سنوات مسجلة ومشفرة)، استخدموا عدد الوفيات المبلغ عنها بالحصبة. واستأثرت هذه الوفيات أقل من ٠.٠١% من وفيات الحصبة العالمية، وفقا لبيانات التسجيل الحيوي والوفيات المقدرة [٣]. وبالنسبة ١٢٨ البلدان مع عدم كفاية بيانات التسجيل الحيوي المتبقية، الذين تقدر وفيات الحصبة بلد على حدة من خلال عملية من ثلاث خطوات. تقدير حالات الحصبة السنوية على أساس حالات الحصبة التي تم الإبلاغ عنها لكل بلد، ثم يقدر معدل الإصابة بين الفئات العمرية، وأخيراً تحسب عدد الوفيات في كل فئة من العمر عن طريق تطبيق سن معينة لحالات الإصابة بالحصبة، والتغطية

بالتحصين هي تقريراً سنوياً إلى منظمة الصحة العالمية بجميع الدول الأعضاء من خلال منظمة الصحة العالمية / اليونيسيف الإبلاغ المشترك للنموذج [٤]. حيث تستمد تغطية تقديرات للجرعة الروتينية الأولى من "اللقاحات" المحتوية على الحصبة (MCV1) من نتائج الدراسة الاستقصائية والبيانات تغطية الحالات المبلغ عنها باستخدام المنطق الحسابي [٥]. حالات الإصابة بالحصبة المبلغ عنها من خلال أنظمة المراقبة عادة ما تمثل جزءاً صغيراً من العدد الحقيقي للحالات نظراً لأن العديد من الأطفال لا يحصلون على العناية الطبية وعند التماس الرعاية الطبية، حالات يمكن أن تشخص خطأ أو لم تبلغ إلى السلطات المركزية [٦].

١-١-٧ بيان المشكلة:

على الرغم من توافر لقاح الحصبة منذ عام ١٩٦٣، إلا أن الأمراض المعدية لا تزال متوطنة في أجزاء كثيرة من العالم بما فيها الدول المتقدمة. واصل المرض تسبب المشاكل سواء الاقتصادية أو الصحية لعدد كبير من السكان في جميع أنحاء العالم ومعظمها التي تؤثر على الأطفال. بسبب هذه الآثار، تهدف هذه الدراسة إلى وضع نموذج رياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة.

١-٢-٢ المبحث الثاني

أهداف البحث

١-٢-١ الهدف الرئيسي للبحث

الهدف الرئيسي من هذا البحث وضع نموذج رياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة.

١-٢-٢ الأهداف المحددة للبحث

يهدف هذا البحث تحقيق الأهداف المحددة التالية:

أولاً- وضع نموذج رياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة.

ثانياً- الحصول على نقطة التوازن الحرة (EFD) للمرض.

ثالثاً- الحصول على وتحليل عدد النسخ الفعالة وعدد النسخ الأساسية.

رابعاً- القيام بتحليل الحساسية لكل معلمة للأفراد في النموذج.

خامساً – إجراء محاكاة للنموذج الرياضي.

١-٢-٣ أسئلة البحث

أسئلة هامة حول السيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة للإجابة عن هذا البحث:

أولاً- هل يمكن صياغة نموذج رياضي للسيطرة والقضاء على ديناميكية انتقال الحصبة؟

ثانياً- هل أن نقطة التوازن المرض (DFE) للنموذج موجودة؟

ثالثاً- هل أن عدد النسخ الفعالة وعدد النسخ الأساسية للنموذج موجودة؟

رابعاً- ما هو مدى حساسية كل معلمة مضمنة؟

خامسا – هل يمكن القضاء على الحصبة من قبل السكان؟

١-٢-٤ أهمية البحث

الاهمية لهذا البحث كما يلي:

أولاً-تحليل القوى المحركة لانتقال الحصبة يمكن استخدامها للتنبؤ بتفشي المرض قبل حدوثه.

ثانيا-المنظمات الحكومية والصحية تستطيع استخدام نتائج هذا المبحث إلى خطة برامج التطعيم ومنع تفشي الحصبة في المستقبل وما شابة .

ثالثا-المجتمع سوف يشارك في برامج التحصين نظراً لأنه سوف يكون على علم كيف هي أفضل طريقة للحماية من تفشي مرض الحصبة مستقبلا.

رابعا- أن هذا المبحث سيسهم في تحسين الدراسات المستقبلية في النمذجة الرياضية للحصبة.

خامسا - يمكن أن تقدم شرحاً مفصلاً عن انتقال الإصابة بالحصبة بين مجموعات مختلفة من السكان وتحليل الحساسية لكل معلمة للسيطرة على تفشي الحصبة عند حدوثها.

- [1].A. Mazer, Sankale, Guide de medicine en Afrique et Ocean Indien, EDICEF, Paris (1988).
- [2].M.B.A. Oldstone, Viruses, Plagues, and History, Oxford University Press, New York, USA (1998), 73-89.
- 3].Department of Health Statistics and Informatics WHO mortality Database. .Geneva: World Health Organization, 2011
- [4].WHO vaccine-preventable diseases: monitoring system. Geneva: World Health Organization, 2010.
- [5].Burton A, Gacic-Dobo M, Karimov R, Kowalski R. A computational logic-based . representation of the WHO and UNICEF estimates of national immunization coverage.<http://www.doc.ic.ac.uk/~rak/papers/wuenic.pdf> (accessed April 14, (2012
- [6].Harpaz R. Completeness of measles case reporting: review of estimates for the . United States. J Infect Dis 2004; 189 (suppl 1): S185–90
- [7].Catherine Comiskey B A (Mod). (1988) A mathematical Model for Measles . Epidemics in Ireland Msc Thesis National Institute of Higher Education
- [8].Ministry of Health, Manatu Hauora. (1998) Predicting and Preventing Measles . Epidemics in New Zealand: Application of Mathematical Model
- [9].M.G. Roberts and M.I. Tobias (2000). Predicting and Preventing measles . epidemics in New Zealand: Application of Mathematical Model. Cambridge University Press, Vol 124,pp. 279-287
- [10].C.R. Mac Intyre, N.J. Gay, H.F. Gidding, B.P. Hull, G.L. Gilbert and P.B. McIntyre . (2002).A Mathematical model to the impact of the measles control campaign on the potential for measles transmission in Australia. International Journal of Infectious Diseases, Vol 6,pp 277-282
- [11].J.Mossong and C.P.Muller. (2003) Modeling measles re-emergence as a result . of waning of immunity in vaccinated populations Science direct, Vaccine 21, pp. 4597-4603

- [12].O.M. Tessa. (2006) Mathematical Model for control of measles by vaccination. . Abdou Moumouni University, Niamey, Niger, pp. 31-36
- [13].E.A.Bakare, Y.A.Adekunle and K.O.Kadiri. (2012) Modelling and Simulation of the Dynamics of the Transmission of Measles International Journal of Computer Trends and Technology, Vol 3, pp. 174-178
- [14].S.O. Siabouh and I.A. Adetunde (2013) Mathematical Model for the study of measles in Cape Coast Metropolis. International Journal of Modern Biology and Medicine, Vol 4(2),pp. 110-133
- [15].A.A. Momoh, M.O.Ibrahim, I.J.Uwanta, S.B.Manga. (2013) Mathematical Model for control of Measles Epidemiology. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol 67, pp. 707-718
- [16].A.A. Momoh, M.O.Ibrahim, I.J.Uwanta, S.B.Manga. (2013) Modelling the effects of vaccination on the transmission dynamics of measles. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol 88, pp. 381-390
- [17].M.O. Fred, J.K. Sigey, J.A. Okello, J.M. Okwyo and G.J. Kang'ethe. (2014) . Mathematical Modelling on the Control of Measles by Vaccination: Case Study of KISII Country, Kenya. The SIJ Transactions on Computer Science Engineering and Its Applications (CSEA), Vol 2,pp. 61-69
- [18].J.M. Ochoche and R.I. Gweryina. (2014) A Mathematical Model of Measles with Vaccination and Two Phases of Infectiousness IOSR Journal of Mathematics, Vol 10,pp. 95-105
- [19].G. Bolarian (2014) On the Dynamical Analysis of a new Model for Measles . Infection. International Journal of Mathematics Trends and Technology, Vol 7, pp. 144-155
- [20].Verguet S, et al. Controlling measles using supplemental immunization activities: A mathematical model to inform optimal policy. Vaccine (2015), <http://dx.doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.11.050>
- [21].Van Den Driessche, P and Watmough, J (2002). Reproduction numbers and Sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission Mathematical Biosciences, Vol 180, pp. 29-48
- [22].Schenzle D. (1984).An age-structured model of pre- and post-vaccination measles transmission Math Med Biol Vol 1(2),pp.169-191

- [23].R.F. Grais, M.J. Ferrari, C. Dubray, O.N. Bjørnstad, B.T. Grenfell, A. Djibo, F. . Fermon, P.J. Guerin.(2006) Estimating transmission intensity for a measles epidemic in Niamey, Niger: lessons for intervention. Royal society of tropical medicine and hygiene ,Vol100 ,pp. 867 – 873
- [24].O. Diekmann, J. A. P. Heesterbeek and M. G. Roberts. (2009) The construction . of next-generation matrices for compartmental epidemic models. J. R. Soc. Interface, ((doi:10.1098/rsif.2009.0386
- [25].Anes Tawhir. (2012). Modelling and Control of Measles Transmission in . Ghana. Master of Philosophy thesis. Kwame Nkrumah University of Science and Technology
- [26].Stephen, E., Dmitry K and Silas M.(2014) Modeling and Stability Analysis for a . Varicella Zoster Virus Model with Vaccination Applied and Computational Mathematics. Vol. 3, No. 4, pp. 150-162.doi: 10.11648/j.acm.20140304.16
- [27].Stephen, E., Dmitry K and Silas M.(2014). Modeling the Impact of . Immunization on the epidemiology of Varicella Zoster Virus Mathematical theory and Modeling.Vol.4, No. 8, pp.46-56
- [28].Stephen, E. and N Nyerere (2015). A Mathematical Model for the Dynamics of . Cholera with Control Measures Applied and ComputationalMathematics.Vol.4 No.2 pp.53-63.doi: 10.11648/j.acm.20150402.14
- [29].N. Nyerere, L. S. Luboobi and Y. Nkansah-Gyekye Modeling the Effect of . Screening and Treatment on the Transmission of Tuberculosis Infections Mathematical theory and Modeling Vol.4, No. 7,2014 ,pp.51-62
- [30].N. Nyerere, L.S. Luboobi andY Nkansah-Gyekye. Bifurcation and Stability . analysis of the dynamics of Tuberculosis model incorporating, vaccination, Screening and treatment, Comamunications in Mathematical biology and Neuroscience ,Vol 2014(2014), Article ID 3
- [31].Chitnis, N., Hyman, J.M., and Cushing J. M. (2008). Determining important . Parameters in the spread of malaria through the sensitivity analysis of a mathematical Model Bulletin of Mathematical Biology 70(5):1272–12