Classification of Software Engineering Documents Based on Artificial Immune Systems

Nada N. Saleem

Rasha Gh. Saeed

Nada_N_S@uomosul.edu.iq

College of Computer Sciences and Mathematics

University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 05/03/2012

Accepted on: 28/06/2012

ABSTRACT

Care about automated documents classification has increased since the appearance of the digital documents and the wide diffusion of Internet. In the 1990's, the computer performance has greatly improved and has led to the methods of machine learning to establish automated classifiers. These methods have achieved good speed and classification's accuracy and researchers still investigate in this field to accomplish more accuracy and less time. Artificial immunologic systems have shown high performance in such as data clustering and anomaly detection which can be ascribed to the nature of the immunologic system in protecting the body.

Some of the present methods and ways used in the training process of the document classification are time consuming and others have less accuracy rate concerned the classification of the related document as software engineering document classes. For these reasons, this research deals with the study of Natural Immune System and using the dynamic process of the Innate Immune System work based on danger theory and Dendritic Cell (DC) technique in building Dendritic Cell Model (DCM) to classify Software Engineering documents as they comprise information related to developing the software systems, that makes it easy for the software engineer who works in maintenance.

DCM has high classification's speed and accuracy besides easy and flexible use by designing interfaces that makes it easy for the user to deal with the system. In order to improve the quality and the efficiency of DCM method, it was compared to one of the best and well-known methods of classification referred to as, Naive Bayes(NB). After conducting several experiments on a various group of software engineering documents, evaluations results have shown that the accuracy of the innate immunologic method (DCM) has reached (DCM) (95%), whereas Naïve classification method has reached (90 %) with training and classification speed that doesn't exceed one minutes. This shows the feasibility of using the algorithms of AIS systems in the field of information recovery and documents classification. This system was built and programmed in Java language and was implemented under an operating system environment Microsoft Windows7.

Keyword: Artificial Immune System, danger theory, Dendritic Cell, Software Engineering Documents, document Classification.

تصنيف وثائق هندسة البرمجيات بالاعتماد على النظام المناعي الاصطناعي

رشا غانم سعيد

ندى نعمت سليم

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

جامعة الموصل، الموصل، العراق

تاريخ قبول البحث: 2012/06/28

تاريخ استلام البحث: 2012/03/05

الملخص

تزايد الاهتمام بتصنيف الوثائق الآلي منذ ظهور الوثائق الرقمية والانتشار الواسع للإنترنت. وفي التسعينات تحسن أداء الحاسوب بشكل كبير والذي قاد إلى استخدام طرائق تعليم الآلة لتكوين مصنفات آلية حققت دقة تصنيف وسرعة جيدة، وما زال الباحثون يبحثون في هذا المجال لتحقيق دقة أكبر ووقت أقل. وقد أظهرت الأنظمة المناعية الاصطناعية أداءً عالياً في مهمة التصنيف مثل عنقدة البيانات و كشف الشذوذ وذلك يعود لطبيعة النظام المناعي في حماية الجسم.

إن بعض الطرائق والأساليب الحالية تحتاج إلى وقت في عملية التدريب لتصنيف الوثائق والبعض الآخر من الأساليب تكون دقة تصنيفها للوثائق قليلة فيما يتعلق بالوثائق المتقاربة الأصناف مثل أصناف وثائق هندسة البرمجيات، لذلك تناول هذا البحث دراسة النظام المناعي الطبيعي واستخدام ديناميكية عمل النظام المناعي الفطري والاعتماد على نظرية الخطر وتقنية الخلية التغصنية (Dendritic Cell (DC في بناء أنموذج الخلية التغصنية (Dendritic Cell Model (DCM لتصنيف وثائق هندسة البرمجيات لما تحويه من معلومات متعلقة بتطوير الأنظمة البرمجية، والتي تسهل العمل بشكل كبير على مهندس البرمجيات الذي يقوم بالتطوير والصيانة.

تمتلك طريقة التصنيف (DCM) دقة وسرعة عالية في التصنيف حتى فيما يتعلق بتصنيف الوثائق المتقاربة الأصناف ولبرهنة فاعلية وجودة طريقة (DCM) تمت مقارنتها بأحدى أفضل وأشهر طرائق التصنيف المستخدمة وهي طريقة (Naïve Bayes (NB، وبعد إجراء التجارب على مجموعة متنوعة من وثائق هندسة البرمجيات، أظهرت نتائج التقييم أن دقة طريقة تصنيف المناعة الفطرية (DCM) (95%)، في حين أن دقة تصنيف (NB) (90%)، وبمعدل سرعة تدريب وتصنيف لا يتجاوز الدقيقة الواحدة، مما يظهر جدوى استخدام خوارزميات أنظمة (Artificial Immune System (AIS في حقل استرجاع المعلومات وتصنيف الوثائق. تم بناء هذا الأنموذج وبرمجته بلغة جافا وتنفيذه تحت بيئة نظام تشغيل مايكروسوفت ويندوز7 Microsoft windows.

الكلمات المفتاحية: النظام المناعي الاصطناعي، نظرية الخطر، الخلية التغصنية، وثائق هندسة البرمجيات، تصنيف الوثائق

1- المقدمة

أصبح تصنيف الوثائق الآلي مجال بحث وتطبيق مهم منذ ظهور الوثائق الرقمية. إذ يعد تصنيف النص ضرورياً جداً نتيجة الحجم الهائل للوثائق النصية التي نتعامل معها يومياً. ومع تزايد النمو المستمر للشبكة العنكبوتية (www)، فإن تحديد المعلومات ذات العلاقة بالبحث أصبح عملية صعبة جداً. ولاسترجاع المعلومات بأقل وقت ممكن وبأعلى درجة من العلاقة جاء دور التصنيف الآلي إذ أن تصنيف الشبكة الآلي يساعد في استرجاع المعلومات بشكل أفضل [9]. استخدمت الوثائق لتوثيق أنواع متعددة من المعلومات ومنها المعلومات الخاصة بكل مرحلة من مراحل هندسة البرمجيات، إذ تلعب وثائق مراحل التطوير دوراً مهماً في بناء الأنظمة البرمجية، ويشكل التوثيق وسيلة لتقديم الرؤية ضمن عملية البرمجيات، ويعد دور الاتصال أساسياً لتطوير

البرمجيات[22]. كما ويعد امتلاك مخزن للمعرفة من العوامل المهمة في نجاح أي نوع من الأعمال التقنية الكبيرة ومن الضروري تسجيل تلك المعرفة في الوثائق، إذ تكون الوثائق بصيغة الكترونية ممكن البحث عنها ومشاركتها واسترجاع المعلومات بفاعلية أكبر من قبل الناس الذين بحاجة لها داخلياً وخارجياً[8]. واتجه الباحثون إلى استخدام المفاهيم الذكائية لحل مشكلات استرجاع المعلومات والتصنيف وقد حققوا انجازات في ذلك، ومن المفاهيم الحديثة في حل الذكاء الاصطناعي هي الأنظمة المناعية الاصطناعية والتي تم استخدامها في البحث وبناء مصنف لتصنيف الوثائق لمراحل هندسة البرمجيات.

2- الدراسات السابقة Literature Review

حاول الباحثون في السنوات الماضية إيجاد حلول واقتراحات كثيرة لتصنيف الوثائق بطرائق سهلة، سريعة، ذات كفاءة عالية وكلفة قليلة، وذلك من خلال استخدام تقنيات تعليم الآلة التي كان لها إمكانية في تحسين أداء المصنفات، ومن هذه البحوث:

1. في عام 1997 قدم الباحثان Pazzani و Billsus بحثاً عن عدد من خوارزميات التعلم المختلفة. واختبار اداء ودقة مصنف (Naïve Bayes (NB ، المجاور الاقرب، اشجار القرار والشبكات العصبية ووجد ان اداء مصنف NB الافضل بصورة عامة. وايضاً بين دور اختيار الخواص في زيادة دقة المصنف وتقليل خطأ التصنيف [32].
2. في عام 1998 قدم الباحث Joachims بحثاً عن آلة دعم المتجه (Support Vector Machine (SVM بوصفها طريقة لتصنيف الوثائق إذ اثبتت هذه الطريقة كفاءتها بالتصنيف الا انها تعاني من التعقيد، ويقع التعقيد في تضبيب المعاملات واختيار Kernal [21] .
3. في عام 1999 قدم الباحثان Cohen و Singer بحثاً لطرائق التعليم لتصنيف النص واستخدما أشجار القرار وبيناً قابليتها في التصنيف، إذ تمتاز بسهولة الفهم وتقلل تعقيد المشكلة إلا أن أشجار القرار تتطلب وقت تدريب أطول، كما أن الوثيقة تُمثل في هيكلية شجرة، وفي هذه الحالة عند حصول خطأ في مستوى عالٍ فان أي شجرة فرعية ستكون خاطئة[3].
4. في عام 2002 قدم الباحث Sebastiani بحثاً عن طرائق التصنيف واستخدام الشبكة العصبية وامكانياتها في تصنيف الوثائق، وبين ان الطريقة المثالية لتدريب الشبكة العصبية هي الانتشار الخلفي (back propagation) إذ عند حصول خطأ بالتصنيف يتم ارجاع الخطأ ونشره ثم يتم تغيير المعاملات للشبكة وبالتالي يقل الخطأ. قدمت الشبكة العصبية نتائج جيدة الا ان تدريب الشبكة يكون بطيئاً [35].
5. في عام 2002 قدم الباحثان Zuben و Decastro بحثاً يتناول التصنيف باستخدام خوارزمية الانتقاء النسيلى، وذلك بتوليد كرات التمييز الاصطناعية (Artificial Recognition Balls (ARBs والتي تستجيب للمستضدات (مجموعة متجهات التدريب)، الكرات الأكثر استجابة تُخزن في مخزن خلايا الذاكرة وتُكون أداة التصنيف، استخدمت الطفرة في الخوارزمية مما جعل ARBs غير مماثلة لمتجهات التدريب من جهة، ومن جهة أخرى تكون متشابهة كفاية لتدريب متجهات أخرى. بين البحث قدرة نظام المناعة على التعلم وكفاءته في التصنيف، وأن عدد خلايا الذاكرة المتكونة عادة يكون نصف عدد خلايا التدريب[6].

6. في عام 2005 قدم الباحثون Paab و Nurnberger و Hotho بحثاً عن استخدام مصنف المجاور الأقرب في تصنيف الوثائق الذي يكون فعالاً إلا أن وقت التصنيف طويل جداً واختيار القيمة المثالية لـ K (عدد المجاورات) تعد قضية صعبة، إذ أن اختيار قيمة واحدة لـ K تلائم كل التطبيقات أمراً مستحيلاً [17].
7. في عام 2007 قدم الباحثان Romero و Nino طريقة لاستخلاص الكلمات ذات الدلالة من الوثائق النصية بالاعتماد على نظام المناعة، إذ تعتمد على خلفية رياضية والتي تُعرف بطريقة قياسية: التفاعل بين الأجسام المضادة في الشبكة المناعية الاصطناعية، مثل هذا التفاعل يؤدي إلى استخلاص الكلمات ذات الدلالة (التي تنفع في التصنيف) ومن خلال الكلمات المستخلصة من الوثائق النصية من الممكن تمثيل المعرفة لكل صنف، فضلاً عن إمكانية تكوين قائمة من stopword من خلال الاجسام المضادة الأقل تحفيزاً وحذفها من الشبكة (حذف الكلمات ذات التحفيز القليل من الشبكة) [33].
8. في عام 2008 قدم الباحث Tan بحثاً يتناول استخدام طريقة Centroid لتصنيف الوثائق والذي يعد من الطرائق الإرشادية الشائعة في التصنيف والمعروف ببساطته قدم هذا الباحث تحسيناً على المصنف بإضافة معامل ثابت يدعى نسبة التعلم والذي حسن من كفاءة المصنف، إلا أنه يعاني من عدم الملائمة الناتجة من فرضيته؛ وهي أن الوثيقة المعطاة يجب تعيينها لصنف معين إذا كان التشابه لمركز صنف معين كبير، وعادة يكون هذا الافتراض غير صحيح في الحالات العملية [37].

3- جهاز المناعة الطبيعي Natural Immune System (NIS)

لقد تمت دراسة جهاز المناعة عند الإنسان بصورة جيدة لما يزيد عن المائة عام ولكن لا يزال هذا الجهاز لم يفهم بشكل كامل. جهاز المناعة هو نظام دفاعي تطور ليحمي المضيف من الكائنات الممرضة Pathogens (الكائنات الحية المجهرية المؤذية مثل البكتيريا والفايروسات والطفيليات) [10]. إذ يتكون الجهاز من الخلايا المتخصصة المتنوعة والتي تنتشر وتراقب الجسم وكذلك جزيئات خلوية إضافية متنوعة وتنظيمات مناعية تعمل على توفير بيئة للخلايا المناعية للتفاعل وتنمو وتستجيب [18]. تنشأ الخلايا المناعية في نخاع العظم والتوتة وعند نضوجها تهاجر إلى الأنسجة متقلة عبر الأوعية الدموية واللمفاوية.

إن الوظيفة الرئيسية لتلك الخلايا هي تمييز وجود العناصر الغريبة في الجسم وتعمل على الاستجابة لتخلص منها أو لتقضي على تأثير الداخلين الأجانب [24]. تدعى المواد التي يمكن أن تحفز استجابات معينة في الجهاز المناعي عادة بالمُستضدات (Antigen(Ag) (الكائنات الممرضة تعمل عادةً مستضدات) [30].

إن نظام المناعة الطبيعي يتكون من خط دفاعي ذي طبقتين تعرفان على أنهما جهاز المناعة الفطري وجهاز المناعة التكيفي. يعتمد كلا النظامين على فعالية خلايا الدم البيضاء (الكريات) [5].

3-1 جهاز المناعة الفطري Innate Immune System

جهاز المناعة الفطري (غير المكتسب) هو الخط الأول للدفاع الذي يعمل على تقديم استجابة فورية ولكنها تكون غير محددة ضد العامل المسبب للمرض المهاجم مثل البكتيريا والفايروسات [39].

3-2 جهاز المناعة التكيفي Adaptive Immune System

يشار إلى جهاز المناعة التكيفي أيضاً بأنه جهاز المناعة المكتسبة، حيث تطلق عليه هذه التسمية لأنه مسؤول عن تخصيص دفاع للكائن الحي المضيف الذي سيواجهه الخطر وذلك بالاعتماد على العامل الممرض

المحدد، على عكس جهاز المناعة الفطري، يوجد جهاز المناعة المكتسبة بالفقرات فقط (الحيوانات ذات العمود الفقري) إذ يحتفظ الجهاز بذاكرة للهجمات التي واجهها [2]. إن جهاز المناعة التكيفي هو خط الدفاع الثاني الذي يتوسط استجابة محددة ومتأخرة [39].

يتم تنظيم جهاز المناعة المكتسبة حول صنفين من الخلايا: الخلايا التائية T-Cell والخلايا البائية B-Cell، ان صنف خلايا جهاز المناعة الفطري هي أكثر تعدداً، وبضمنها الخلايا القاتلة (NK) Naturalkiller الخلايا التغصنية (DCs) والخلايا البلعمية الكبيرة. تتفرع الخلايا ضمن هذه الأصناف إلى أنواع مختلفة، مثل خلية T البسيطة أو المساعدة، و خلية DC غير الناضجة أو شبه الناضجة أو الناضجة [38].

4- نظريات NIS Natural Immune System Theories

توجد نظريات مختلفة عن دراسة علم المناعة فيما يتعلق بالسلوك الوظيفي والتنظيمي ما بين الخلايا للمفاوية عند الاستجابة إلى المُستضد المهاجم الذي تواجهه، تضم هذه النظريات [7]:

1- النظرية التقليدية.

2- نظرية الانتقاء النسيلى.

3- نظرية الشبكة.

4- نظرية الخطر.

4-1 النظرية التقليدية Classical Theory

إن النظرية التقليدية لجهاز المناعة هي إن جهاز المناعة يميز ما بين ما هو طبيعى (ذاتي) وغريب (غير ذاتي أو مستضد) في الجسم [18]. حيث يؤدي تمييز المُستضدات إلى خلق الخلايا المُفعلة المتخصصة التي تعمل على خمول وتدمير هذه المُستضدات.

4-2 نظرية الانتقاء النسيلى Clonal Selection Theory

يصف مبدأ الانتقاء النسيلى الصفات الأساسية لاستجابة المناعة لمحفزات المُستضد، الفكرة الأساسية لهذه النظرية أنه يتم انتقاء وتكاثر الخلايا للمفاوية القادرة على تمييز المُستضدات بدلاً من الخلايا التي لا تقوم بذلك وتتمايز إلى الخلايا المُستفَعلة Effector Cells [19].

4-3 نظرية شبكة المناعة Immune Network Theory

تعد نظرية الانتقاء النسيلى لجهاز المناعة أنه مجموعة من الخلايا والجزيئات المنفصلة وهي بالأصل في استراحة ويتم إثارتها فقط بواسطة تحفيز مستضد غريب. تقدم شبكة المناعة نظرية مختلفة فكرياً لكيفية تفاعل مكونات جهاز المناعة مع بعضها البعض ومع المحيط (المُستضدات) [5]. لقد اقترح Jerne [31] أن نموذج شبكة المناعة. وتبين أن جهاز المناعة يحتفظ بشبكة نوعية مميزة من الخلايا المترابطة لتمييز المُستضد. تتحفز هذه الخلايا وتنشط إحداها الأخرى بطريقة معينة تؤدي إلى استقرار الشبكة.

4-4 نظرية الخطر Danger Theory

قدمت عالمة المناعة Polly Matzinger في عام 1994 نظرية الخطر [27]. ذكرت أن جهاز المناعة يُسيطر عليه بواسطة اكتشاف الضرر الذي يحصل في الجسم، وليس بواسطة اكتشاف تراكيب المُستضد كما وأن

الإشارات لا تأتي من مصادر خارجية المنشأ، ولكنها داخلية وتقوم بانتاجها خلايا النسيج نفسها. إن هذه الإشارات الداخلية تسمى إشارات الخطر danger signals [14]. يوضح الشكل (1) نظرية الخطر [30]، وتعمل الخلية التغصنية بمبدأ نظرية الخطر.

الشكل (1) أنموذج نظرية الخطر [30]

1-4-4 الخلية التغصنية Dendritic Cell (DC)

تمتلك خلايا جهاز المناعة الفطرية القابلية على اكتشاف العوامل المسببة للمرض بواسطة الخلايا البلعمية. يجهز جهاز المناعة الفطرية معلومات عن كل اتصال سابق مع الداخلين الغريباء أكثر من المعلومات التي يوفرها عن الجينات (المورثات). تعود DCs إلى النظام المناعي الفطري وهي من فصيلة الخلايا البلعمية الكبيرة [4] و تعمل على شكل واجهة ما بين جهاز المناعة الفطري والتكيفي، وتوجد الخلية التغصنية في ثلاث حالات مختلفة كما موضح في الشكل (2):

1- غير ناضجة.

2- ناضجة (كشفت عن جزيئات تعرضت للنخر).

3- شبه ناضجة (كشفت عن جزيئات تعرضت للموت الطبيعي)

الشكل (2) حالات الخلية التغصنية [13]

كل DC هيذ خلية غير ناضجة ووفقاً لتجميع الإشارات التي يتم استقبالها يمكن أن تتغير حالتها [26]. عندما تكون DC في حالة غير الناضجة تقوم بجمع الأنقاض والمستضدات. حيث تتعامل DCs مع المستضدات من خلال المستقبلات الموجودة في سطح الخلية، والتي تتحسس الإشارات المختلفة. بعد عملية المعالجة، تعتمد DC بشكل نهائي على فعالية وتركيز الإشارات التي قد تغير حالاتها. هناك إشارات تكون DCs حساسة منها [13]:

- 1- الأنماط الجزيئية المرتبطة بالعامل المسبب للمرض
Pathogenic Associated Molecular patterns(PAMPs)
 - 2- إشارات الخطر
Danger Signals(DSs)
 - 3- إشارات الأمان
Safe Signals(SSs)
 - 4- إشارات الالتهاب
Inflammation Signals (ISs)
- إن الصفات الأساسية للخلاية التغصنية هي:
- 1- التقسيم إلى جزئيات : تجهز هذه الصفة المنطقتين المنفصلتين اللتين تنجز فيهما DCs عمليتي الاختبار والتحليل. تحصل عملية إدخال الإشارات وتجميع المستضد في "النسيج"، وهو المحيط الذي تقوم DCs فيه بالمراقبة. وعند نزوحها تهاجر إلى مركز المعالجة، ويسمى عقدة اللمف. بينما في عقدة اللمف، تقدم DCs مستضداً مرتبطاً مع إشارات السياق، والتي تفسر وتترجم إلى استجابة مناعية. وبهذا تبقى الخلايا الناتجة الممتدة بعيدة عن الاتصال المباشر مع النسيج إلى أن يتم طلبها بصورة فعلية.
 - 2- التمييز : توجد DCs بحالة واحدة من الحالات الثلاثة، تدعى حالة التمييز : غير الناضجة، شبه الناضجة، والناضجة. تحصل الانتقالات إلى شبه الناضجة والناضجة من خلال تمييز DC غير الناضجة. يبدأ الانتقال عند استقبال إشارات الإدخال، حيث تتحدد حالة DC الناتجة من خلال نسب أصناف إشارات الإدخال التي استقبلتها الخلية غير الناضجة. تسيطر الحالة النهائية للتمييز على سياق تقديم المستضد و"السياق" هو تفسير لحالة بيئة الإشارة. حيث تتضمن شبه الناضجة سياقاً " آمناً" وتتضمن الناضجة سياقاً " خطراً"، كما موضح في الشكل (3). وبهذا يستخدم جهاز المناعة آلية القرار لتحديد نوع الاستجابة [15].
 - 3- معالجة المستضد: تتم معالجة المستضد من خلال تجميعه وتقديمه للخلايا الناتجة في عقدة اللمف، إذ تجمع كل DC غير الناضجة مجموعة من المستضدات المتوفرة ليتم أخذ عينات منها. لا تستخدم خلية DC تطابق النمط لتكوين المستضد [1].

الشكل (3) أنموذج مجرد لتمييز DCs مبيناً التحول ما بين الحالات والإشارات المسؤولة عن التحولات. إن الإشارة الالتهابية (غير موصوفة) تعمل على تعزيز تأثيرات جميع الإشارات الأخرى [15].

4- معالجة الإشارة : تقوم الخلايا التغصنية بمعالجة الإشارة، وتكون حساسة للتغير في تركيز-الجزئيات المختلفة الموجودة في محيط أنسجتها. تقوم إشارات الأمان بتهيئة الخلية إلى حالة شبه الناضجة. بينما تكون إشارات الخطر و PAMPs مسؤولة عن نضوج الخلية إلى حالة النضج الكاملة[40]. تتولد إشارات الإخراج بتركيز يتناسب مع إشارات الإدخال المستلمة ويوضح الشكل (4) التفاعل ما بين الإشارات.

الشكل (4) نموذج مجرد لمعاملة DCs للإشارات [13]

تنتج DCs ثلاثاً من إشارات الإخراج كما في الشكل (4) وذلك نتيجة لتعرضها لإشارات الإدخال من محيطها وأخذ عينة منها في النسيج. يشار إلى IL-10 على أنها إشارة الإخراج شبه الناضجة، و IL-12 يشار لها على أنها إشارة الإخراج الناضجة و CD80/86 تعرف بأنها جزيئات محفزة (CSMs) Costimulatory Molecules. يرتبط إنتاج CSM مع إنتاج مستقبل آخر الذي يعمل على جذب DC من النسيج ودخول عقدة اللمف من أجل تحليل المستضد. عند مغادرة الخلية غير ناضجة للنسيج تتغير حالتها إلى شبه ناضجة أو ناضجة، و يتم تقييم سياقها على أنه آمن أو في حالة خطر.

يتم تحديد محيط DCs عن طريق تحديد أي إشارة من إشارتي الإخراج أكبر عند تمثيل المستضد. إذا كانت إشارة الإخراج شبه الناضجة أكبر من إشارة الإخراج الناضجة يعني أن المستضد تم جمعه من محيط آمن (طبيعي)، في حين إذا كانت إشارة الإخراج الناضجة أكبر يعني أن المستضد تم جمعه من محيط غير آمن (شاذ). يتم تمرير المستضد مع معلومة السياق إلى صنف من الخلايا المستجيبة وهي الخلايا التائية والتي تُفسر معلومة السياق المُقدمة لها بواسطة سكان DC المحلية [12، 11، 20، 16].

5- نظام المناعة الاصطناعي Artificial Immune System (AIS)

AIS هو منهج ذكي متطور حديث، مستوحى من جهاز المناعة الطبيعي في الإنسان، ظهر في التسعينات على أنه فرع جديد من الحساب التطوري Evolutionary Computation [40]. إن جهاز المناعة الطبيعي معقد جداً ليتم محاكاته صناعياً، ولكن نجح- A.B. Watkins بمحاكاة أهم وظائف جهاز المناعة الطبيعي فيما يخص تمييز الأنماط. إن نظام المناعة الاصطناعي، هو مجموعة من خوارزميات التصنيف الذكية، التي تستخدم آلية دفاع المناعة الطبيعية لأغراض تقنية، قادرة على التكيف والتعلم. لذلك انتشر هذا المفهوم في تطبيقات تقنية عديدة خلال العقود الأخيرة [23]. إن الحوسبة المستوحاة أحيائياً (Biologically Inspired Computing)، وخصوصاً أنظمة المناعة الاصطناعية (AIS) هي حل واعد لتطوير أدوات دفاعية مكيفة ومؤتمتة للتهديدات الحالية والمستقبلية في أكبر أنظمة (تقنية المعلومات). قدم Timmis و De.Castro [5] إطار عمل مستخدم بصورة أكثر شيوعاً في هندسة AIS، والموضح في الشكل (5).

الشكل (5) طبقات إطار عمل AIS [5]

يتضمن إطار العمل ثلاث خطوات مستقلة بشكل نسبي في بناء (AIS). إن أساس كل نظام هو مجال التطبيق، يعمل تمثيل البيانات على التعريف بكيفية تحول بيانات التطبيق الملاحظة إلى بيانات متلائمة النسق وذلك ليتم معالجتها بواسطة خوارزميات (AIS). تحتاج البيانات المستخدمة أن تكون مُنسقة لتكون قادرة على قياس درجة الصلة في مجال تمثيل البيانات، إن قياس درجة الصلة هو في صلب التصنيف والتمييز بواسطة خوارزميات (AIS) (على الأقل هذا صحيح بالنسبة لخوارزميات (AIS) التكرارية) [5].

6- مصنف أنموذج الخلية التغصنية Dendritic Cell Model(DCM)

تم في هذا البحث تطوير أنموذج التصنيف DCM والذي يعتمد على نظام المناعة الفطري المتمثل بالخلايا التغصنية DC ، إن تقنية الخلية التغصنية تقوم بعملية التصنيف بالاعتماد على البيانات المدخلة والإشارات المشتقة من البيانات، والشكل (6) يوضح تحليل عمليات أنموذج DCM.

6-1 وصف أنموذج الخلية التغصنية Description of DCM

يتكون الأنموذج من وحدتين (التهيئة والتصنيف).
* **وحدة التهيئة** : وفيها يتم معالجة الوثائق النصية وتكوين القاموس والذي يماثل الخلية التغصنية، باستخدام الخطوات التالية:

- خطوة 1:** قراءة الوثائق (المستند) من نوع HTML و PDF.
- خطوة 2:** استخراج النص من الوثائق من خلال حذف الرموز والعلامات الخاصة بالـ HTML والـ JavaScript.
- خطوة 3:** استخراج الكلمات المفيدة وتكوين (متجه الخواص) وذلك بإزالة التكرار وإزالة الكلمات المستبعدة (stopwords) والرموز عديمة الأهمية.

- خطوة 4:** تحويل الكلمات إلى حالة الأحرف الكبيرة وإعادتها إلى جذرها من خلال عملية Stemming [28].
- خطوة 5:** تحديد واستخلاص الكلمات المهمة في التصنيف باستخدام طريقة Mutual Information (MI) كما مبين في المعادلة رقم (1) [29].

$$MI(t, c) = \log \frac{P(c, t)}{P(t) \cdot P(c)} \quad \dots(1)$$

حيث أن:

t : الكلمة

c: الصنف

$$P(t, c) : \text{احتمالية تواجد الكلمة في الصنف } c = \frac{\text{عدد الوثائق التي تحوي الكلمة } t}{\text{بالصنف } c}$$

$$P(t) : \text{احتمالية تواجد الكلمة في كل الوثائق} = \frac{\text{عدد مرات تواجد الكلمة في الصنفين}}{\text{عدد الوثائق الكلي}}$$

$$P(c) : \text{احتمالية عدد الوثائق التي تعود للصنف } c = \frac{\text{عدد وثائق الصنف } c}{\text{عدد الوثائق الكلي}}$$

خطوة 6: خزن القاموس (DC) بعد التكوين.

* **وحدة التصنيف** :- وفيها يتم نمذجة تطبيق عمل الخلية التغصنية. تتكون وحدة التصنيف من مرحلتين؛ مرحلة النسيج (إدخال الوثائق المراد تصنيفها وحساب الإخراج التراكمي) ، ومرحلة عقدة الملف (تحليل الوثائق وتصنيفها). عند إدخال وثائق الاختبار في مرحلة النسيج يتم تطبيق الخطوات الآتية :

خطوة 1 : قراءة وثيقة الاختبار ومعالجتها بإزالة الرموز العديمة الأهمية و استخراج النص وتكوين قائمة بالكلمات (متجه الخواص).

خطوة 2 : تحويل قائمة الكلمات (متجه الخواص) المتكونة في الخطوة 1 بهيئة متجهات باستخدام التمثيل الثنائي.

خطوة 3: اشتقاق الإشارات من الوثائق المدخلة بالاعتماد على ميكانيكية عمل الخلية التغصنية ونظرية الخطر للنظام المناعي الموضحة في الفقرة 1-4-4.

الشكل (6) أنموذج عمليات DCM

تستقبل الخلية التغصنية ثلاثة أنواع من الإشارات؛ الإشارة المرتبطة بالأنماط الجزئية PAMP ، إشارة الخطر DS وإشارة الأمان SS وكل واحدة من هذه الإشارات يجب إشتقاقها وتمثيلها إذ يتم التصنيف بموجبها. تم إقتراح إشتقاق قيم الإشارات الثلاث كما يأتي :

PAMP: مجموع عدد الواحدات في المتجه إذ كلما زادت قيمة PAMP زادت قوة الإشارة.

$$PAMP(Doc_j) = \sum_{i=0}^n Doc_j(i) \quad \text{if } Doc_j(i) \neq 0 \quad \dots(2)$$

n = تمثل طول المتجه.

SS: مجموع عدد الأصفار في المتجه، إذ كلما زادت القيمة SS زادت قوة الإشارة $SS(Doc_j)$.

DS : تعتمد على إشارتي PAMP و SS ، إذ كلما زادت إشارة PAMP زادت إشارة الخطر، وكلما زادت إشارة SS قلت إشارة الخطر.

$$DS(Doc_j) = PAMP(Doc_j)/SS(Doc_j) \dots (3)$$

بعد تمثيل الوثائق والإشارات المشتقة منها يتم تطبيق تقنية DC.

الخطوات العامة لأنموذج الخلية التغصنية DCM

المدخلات : المستضدات (الوثائق) والإشارات.

المخرجات : قيم سياق المستضدات.

الخطوة الأولى : تهيئة الخلية Dc

الخطوة الثانية : طالما قيمة الإخراج CSM^* للخلية تكون أقل من قيمة حد العتبة لهجرة الخلية Migth يتم عمل الخطوات التالية للخلية الحالية ولا يعد المستضد مصدر خطر.

1.2 أخذ المستضد وخزنه في الخلية الحالية.

2.2 حساب قيم الإشارات (DS, SS, PAMP).

3.2 حساب قيم المخرجات التراكمية للخلية باستخدام المعادلة (4).

الخطوة الثالثة : إنتقال الخلية من النسيج إلى العقدة اللغافية لأجل التحليل.

الخطوة الرابعة : تحديد سياق الخلية، إذا كانت قيمة الإخراج التراكمي semi-mature أقل أو مساوياً لقيمة الإخراج التراكمي mature فإن (سياق الخلية = 1). وإلا فإن (سياق الخلية = 0).

الخطوة الخامسة : إستقبال وثيقة جديدة.

* Costimulatory

يتم حساب قيم المخرجات التراكمية للخلية في الخطوة الثانية من الخوارزمية بإستخدام معادلة الجمع الموزون.

$$Output_n = [(PAMP_n * PAMP_{wn}) + (DS_n * DS_{wn}) + (SS_n + SS_{wn})] \dots (4)$$

حيث أن:

$PAMP_{wn}$: الوزن المحدد لإشارة الأنماط الجزئية المُمرضة (PAMP).

DS_{wn} : الوزن المحدد لإشارة الخطر (DS).

SS_{wn} : الوزن المحدد لإشارة الأمان (SS).

$n = 3$ وتمثل عدد الاخراجات

$PAMP_n$, DS_n , SS_n تمثل إشارات الانماط الجزئية ، الخطر والأمان لاشارات الاخراج التالية.

Output 0= CSM.

Output 1= Semimature.

Output 2= Mature.

تم إشتقاق الأوزان المستخدمة في المعادلة (4) والموضحة في الجدول (1) عن طريق عدة تجارب أجريت على بيانات الوثائق.

جدول (1) أوزان معادلة الجمع التراكمي

	PAMP S0	Danger Singed(DS) S1	Safe Singed (SS) S2
CSM (O0)	2	1	2
Semi-mature (O1)	0	0	3
Mature (O2)	100	75	-1

بعد إنتقال الخلية إلى عقدة اللمف يبدأ دورها في حساب قيمة السياق لها ، خلال الخطوة الرابعة ضمن نموذج DCM. إذ يتم مقارنة قيم الإشارات المخرجة من الخلية. والمخطط الانسيابي في الشكل (7) يوضح كيفية استخدام النموذج الـ DCM. بعد بناء خوارزمية النموذج DCM وتمثيل اشاراتها، يتم تحديد تفاصيل التصميم، إذ يتكون أنموذج DCM من ثلاث حزم، وهي Jsoup, IRutilities والحزمة الرئيسية الموضحة في الشكل(8) وتحتوي على كل صنفيات (Classes) البرنامج من تهيئة، اختبار واستدعاء الحزم الأخرى.

الشكل (7) المخطط الانسيابي لوحدة التصنيف

الشكل (8) مخطط الصنفيات للحزم الثلاثة لأنموذج DCM

بعدها يتم تحديد الدوال والمتغيرات الخاصة بكل صنف باستخدام مخطط الصنفيات الموضح في الشكل (9) ثم يتم تحديد الترتيب الزمني للصنفيات حسب التسلسل الزمني لاستدعائهم باستخدام المخطط التسلسلي الموضح في الشكل (10).

الشكل (9) مخطط صنفيات الحزمة الرئيسية لأنموذج DCM

الشكل (10) المخطط التسلسلي لأنموذج DCM

2-6 تهيئة وتنفيذ أنموذج DCM Initialization & Implementation of DCM Model

تم تهيئة وتنفيذ الأنموذج باستخدام 80 وثيقة: 32 وثيقة من صنف (SRS) Specification Software Requirements و 48 وثيقة من صنف (STD) Software Test Description.

يوجد صيغ عديدة لخرن الوثائق ومن أشهرها (HTML)، وعند تهيئة النظام باستخدام هذه الوثائق يتم تمريرها بعدة مراحل لتحويلها إلى صيغة يسهل على المصنف التعامل معها. العديد من الخواص المهمة يتم الحصول عليها خلال مرحلة التهيئة، والخطوة الأساسية في هذه المرحلة هي تحديد الخواص التي ستستخدم في مرحلة التصنيف. الحل الأبسط هو استخدام كل الخواص المتمثلة في مجموعة وثائق التدريب، لكن إذا كان عدد الخواص كبيراً جداً يتم تقليله باستخدام تقنيات مختلفة بخطوات متعددة وهي إزالة كلمات stop word، إعادة الكلمات إلى جذرها stemming واختيار الخواص التي تمتلك أعلى معدل من المعلوماتية MI التي تفيد في التصنيف وخرنها في القاموس، والشكل (11) يوضح تأثير كل من هذه التقنيات على تقليل عدد الخواص.

الشكل (11) تأثير العمليات المختلفة على حجم متجه الخواص

3-6 اختبار الأنموذج ونتائجه Testing of Model and Results

تم اختبار الأنموذج DCM من خلال إدخال مجموعة من وثائق مراحل هندسة البرمجيات والتي تم تحميلها من المواقع الالكترونية الخاصة بوثائق هندسة البرمجيات، ويتم تصنيف الوثائق المختارة إلى واحد من الأصناف التالية :

1- الصنف الأول SRS.

2- الصنف الثاني STD.

3- لا تعود للصنفين.

تم إجراء الاختبار على مجاميع باعداد مختلفة من الوثائق، الجداول والأشكال التالية توضح نتائج اختبار تصنيف وثائق هندسة البرمجيات. يوضح الجدول (2) والشكل (12) نتائج دقة تصنيف وثائق التدريب من وثائق SWE لمصنفات DCM و NB.

الجدول (2) نتائج تصنيف وثائق التدريب (80) وثيقة

Features Model	250	500	750	1000	1500	2000
DCM	97.5	97.5	95.0	95.0	91.25	92.5
NB	96.25	96.25	93.75	93.75	90.0	91.25

الشكل (12) دقة المصنفات لوثائق التدريب

يوضح الجدول (3) والشكل (13) نتائج دقة تصنيف (40) وثيقة اختبار من وثائق SWE للمصنفات DCM و NB.

الجدول (3) دقة تصنيف (40) وثيقة اختبار

Features Model	250	500	750	1000	1500	2000
DCM	95	95	92.5	92.5	92.5	92.5
NB	90	87.5	87.5	87.5	87.5	90

الشكل (13) دقة المصنفات لوثائق الاختبار

يوضح الجدول (4) والشكل (14) نتائج دقة التصنيف لمجاميع وثائق التدريب والاختبار الكلي والبالغ (120) وثيقة.

الجدول (4) دقة تصنيف الوثائق الكلية (التدريب والاختبار) (120) وثيقة

Features \ Model	250	500	750	1000	1500	2000
DCM	95.0	95.0	94.17	91.67	92.5	90.0
NB	94.17	95.0	92.5	90.0	87.5	90.0

الشكل (14) دقة المصنفات لمجموعة الوثائق الكلية

يتبين من قيم دقة المصنفات الموضحة في الجداول (2)، (3)، (4) أنه كلما زاد عدد الخواص قلت دقة المصنف لوثائق هندسة البرمجيات، ويقدم عدد الخواص 250 و 500 أفضل دقة تنبؤ بالنسبة للمصنفات. يعد المصنف DCM المعتمد على تقنيات المناعة الفطرية افضل من مصنف NB، اذ يمتلك دقة تنبؤ عالية تصل إلى 97.5% إذا تدرب على الوثائق مسبقاً و 95% لوثائق الاختبار ومجموعة الوثائق الكلية من تدريب واختبار. إن نموذج DCM مبني على تقنية الخلية التغصنية والتي تعد تقنية ترشيح شاذ - غير شاذ، يعود - لا يعود، إذ لا تمتلك القابلية على تحديد الصنف لكونها تقنية فطرية. تم استخدامها في هذا البحث كتقنية تصنيف بالاعتماد على قيمة تحفيز الخلية (القاموس) للمستضد (الوثيقة) الداخل للنظام، ومن خلال تحديد الخلية التي تتحفز أكثر للمستضد عن طريق اشارات الخطر الناتجة منه يتم تعيين الصنف الصحيح للمستضد وبذلك أصبح للخلية التغصنية قابلية تعيين الصنف بالتحديد.

يتضمن الجدول (5) مقاييس (TP , FP , TN , FN) لوثائق الاختبار (40) وثيقة لـ (250) خاصية.

جدول (5) مقاييس (TP , FP , TN , FN) لوثائق الاختبار

Measure Model	TP%	FP%	TN%	FN%
DCM	90	0	100	10
NB	90	10	90	10

يتضمن الجدول (6) عدة مقاييس لتصنيف ووثائق الاختبار بالاعتماد على قيم جدول (4).

جدول (6) عدة مقاييس لتصنيف ووثائق الاختبار

Measure Model	Precision	Recall	Specificity	F1-macro	F1-micro	
DCM	100	90	100	95	94.74	95.25
NB	90	90	90	90	90	90

وبمقارنة نتائج المقياسين **F1-macro** و **F1-micro** للطريقة المقترحة DCM المعتمدة على ديناميكية عمل النظام المناعي الفطري مع نتائج الطرائق السابقة الموضحة بالجدول (7) يتبين أن نموذج DCM أفضل من الطرائق السابقة.

جدول (7) مقارنة نتائج دقة مصنفات مختلفة لمقياسي **F1-micro** و **F1-macro**

Results reported by	Dataset	Classifier Used	F1-Micro	F1-Macro
[Tan et al., 2005] [36]	20 Newsgroup	Centroid	0.842 0	.8380
[Qian et al., 2007] [34]	Reuters 21578	Decision Tree	0.884	0.822
		Linear SVM	0.920	0.871
[Lan et al., 2009] [25]	Reuters 21578	SVM	0.921	0.900
		K-NN	0.840	0.825
	20 Newsgroup	SVM	0.808	0.808
		K-NN	0.691	0.691
Nada and Rasha] [2012	Software Engineering Documents	DCM	0.95	0.95
		NB	0.90	0.90

يعد الوقت المستغرق للتدريب والتصنيف من العوامل المهمة ومن الشكل (15) يتبين أن الوقت يتناسب طردياً مع عدد الوثائق المراد تصنيفها، إذ كلما زاد عدد الوثائق زاد الوقت المستغرق في التصنيف. يستغرق نموذج DCM لتدريب 100 وثيقة 00:01:15، في حين يستغرق NB 00:03:00 لتدريب الوثائق نفسها. فضلاً عن أن هيكلية ووثائق هندسة البرمجيات تختلف عن ووثائق الانترنت، إذ تتكون وثيقة SWE من عدة صفحات لذا تستغرق وقت أطول من ووثائق الانترنت في التدريب والتصنيف، إذ عند تدريب المصنف DCM على 400 وثيقة انترنت يستغرق 00:00:52 ثانية في تكوين الخلية التغصنية و 00:00:11 ثانية في التصنيف في حين يستغرق NB 00:01:00 دقيقة في التدريب و 00:00:45 ثانية في التصنيف.

الشكل (15) علاقة الوثائق مع الوقت المستغرق لتصنيفها

عند تصنيف وثائق مقارنة بالنوع يبرز أداء النظام المناعي العالي في التصنيف في حين يكون أداء NB أقل لكونه يعتمد على الاحتماليات و تزداد دقة NB في الاصناف المتباعدة.

Conclusions

الاستنتاجات

من خلال تطبيق نموذج DCM في البحث لغرض تصنيف وثائق هندسة البرمجيات وعلى وفق النتائج التي تم الحصول عليها، تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية: بعد دراسة بعض تقنيات النظام المناعي AIS تم اختيار تقنية الخطر والخلية التغصنية DC لحل المشكلة المدروسة لما لهذه التقنية من مميزات تساعد في عملية التصنيف. بعد ملاحظة نتائج البحث التي تم الحصول عليها تم التوصل إلى جدارة التطرق إلى الموضوع الذكائي الجديد وهو الأنظمة المناعية الاصطناعية. دقة نظام DCM في تصنيف الوثائق عالية، حتى إن كانت أصناف الوثائق متقاربة جداً كما في وثائق هندسة البرمجيات في حين أن طريقة NB دقتها عالية في اصناف الوثائق المتباعدة وتقل كلما كانت الأصناف متقاربة إذ يحصل تداخل في أصناف الوثائق. أداء مصنف DCM يكون نسبياً ثابتاً على مدى من أحجام مجموعة التدريب، وهذه الثبوتية تكون مفيدة إذ أن نتيجة التصنيف تكون جيدة باستخدام مجموعة تدريب صغيرة الحجم وهذا ينفع المستخدمين من تدريب النظام على عدد قليل من الوثائق وفي الوقت نفسه يمتلك تنبؤات دقيقة. يمتلك النظام المناعي بصورة عامة القابلية على تكوين مصنفات ذات دقة تنبؤ أفضل باستخدام متجهات خواص ذات حجم أقل من متجهات خواص NB. ان اختيار المصنف لا يعتمد فقط على دقة التنبؤ الممكن أن يحققها، ولكن أيضاً على حجم الوقت المستغرق في التدريب، إذ أن المستخدم لا يرغب في انتظار النتائج أكثر من ثوانٍ قليلة وليس عدة أيام، التي تستغرقها بعض الخوارزميات. إن المصنف (DCM) المبني على تقنية عمل النظام المناعي الفطري يحقق دقة تنبؤ جيدة وفي وقت قليل جداً يسمح باستخدامه في مشاكل العالم الحقيقي.

المصادر

- [1] Balthrop, J., Esponda, F., Forrest, S., and Glickman, M., (2002), "Coverage and generalization in an artificial immune system", In Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO), pp.3-10.
- [2] Brownlee, J., (2008), "Clonal Selection as an Inspiration for Adaptive and Distributed Information Processing", PhD thesis, Swinburne University, Melbourne, Australia.
- [3] Cohen, W., Singer, Y., (1999), "Context sensitive learning methods for text categorization", ACM Transactions on Information Systems, vol. 17, no. 2, pp. 141- 73.
- [4] Danziger, M., Delima Neto, F., Laerda, M.(2009), " Danger theory and Multi agents Applied for Addressing the Deny of Service Detection Problem in IEEE 802.11 Networks, university of pernambuco, Brazil, in ninth international conference on intelligent system design and applications ISDA, Pisa, Italy, 695-702, IEEE computer society.
- [5] De Castro, L. N., Timmis, J., (2002). "Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach", ISBN 1-85233-594-7, Springer, England.
- [6] De Castro L.N., Von Zuben, F.J., (2002), "Learning and optimization using the clonal selection principle", IEEE Trans. Evol. Comput., vol. 6, no. 3, pp 239—251.
- [7] Engelbrecht, Andries, P., (2007), "Computational Intelligence: An Introduction", 2nd edition, University of Pretoria, South Africa, John Wiley & Sons Ltd.
- [8] Forman, George, Eshgi, Kave, Chiocchetti, (2005), "Finding Similar Files in Large Document Repositories", Proc. 11th ACM International Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'05), 21-25, Chicago, Illinois, USA
- [9] Fouad, Walid, A., Badr, Amr, A., Abdel- Rahman, Ebrahim, F., (2007), "A compartive Study of web document classification approaches", Proc. 37th International Conf. on computers and industrial Engineering, pp. 197-206, Alexandria, Egypt.
- [10] Goldsby, Richard, A., Kindt, Thomas, J., Osborne, Barbara, A, Kuby, J., (2003), " Immunology", 5th Edition, W. H. Freeman and Company.
- [11] Greensmith J., Aickelin, U., (2007),"Dendritic cells for synscan detection", Proc. of the Genetic and Evolutionary Computation Conf. (GECCO),pp. 49-56.
- [12] Greensmith J., Aickelin, U., (2008), "The deterministic dendritic cell algorithm", Proc. of the 7th International Conf. on Artificial Immune Systems (ICARIS), pp. 291-302. Springer.
- [13] Greensmith, J. , (2007),"The Dendritic Cell Algorithm", PhD thesis, University of Nottingham.
- [14] Greensmith, J., Aickelin, U., (2009), "Artificial Dendritic Cells: Multi-faceted Perspectives", in Human-centric information processing through granular modeling, studies in computational intelligence (182). Springer, Berlin, pp 373395, ISBN 9783540929154.

- [15] Greensmith, J., Aickelin, U. and Cayzer, S., (2008), "Detecting Danger: The Dendritic Cell Algorithm", to appear in 'Robust Intelligent Systems' edited book.
- [16] Gu, F., Greensmith J., Aickelin, U., 2008, " Further Exploration of the Dendritic Cell Algorithm: Antigen Multiplier and TimeWindows", Proc. of 7th International Conf. on Artificial Immune Systems (ICARIS), Phuket, Thailand, pp. 142-153.
- [17] Hotho, A., Nurnberger, A., PaaB, G., (2005), " A Brief survey of Text Mining", Journal for Computational Linguistics and Language Technology, Vol 20, pp. 19-62.
- [18] Iqbal, A., (2006), "Danger Theory Metaphor In Artificial Immune System For System Call Data", PhD theises, Universiti Teknologi Malaysia.
- [19] Ismail, Nabil, A., Abdul-Kader, H., Al-Sheshtawi, Khaled, A.,(2010), "Artificial Immune Clonal Selection Classification Algorithms for Classifying Malware and Benign Processes Using API Call Sequences", IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.10 No.4, pp.31-39.
- [20] Janeway, C., (2004), Immunobiology, Garland Science, 4th Edition.
- [21] Joachims, T., (1998), " Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features". Proc. Of European Conf. on Machine Learning (ECML), Vol 1398, pp. 137-142.
- [22] Kamthan,P., (2007), "On the Prospects and Concerns of Integrating Open Source Software Environment in Software Engineering Education", Concordia University, Montreal, Quebec, Canada, Journal of Information Technology Education Volume 6.
- [23] Khelil, H., Benyettou, A.,(2006), Artificial Immune Systems For Illnesses D Diagnostic, Ubiquitous Computing and Communication Journal, Algeria.
- [24] Kuby, J., (1997), "Immunology", 3rd Ed., W. H. Freeman and Co.
- [25] Lan, M., Tan, C. L., Su, J., and Lu, Y.2009. Supervised and Traditional Term Weighting Methods for Automatic Text Categorization. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 31 (4), pp. 721 – 735.
- [26] Lutz, M., Schuler, G., (2002), "Immature, semi-mature, and fully mature dendritics -cells: which signals induce tolerance or immunity?", In Trends in immunology, Vol 23, Issue9 Elsevier , pp. 445-449.
- [27] Matzinger, P., (1994), "Tolerance, danger and the extended family", Annual Reviews in Immunology,12:991–1045.
- [28] Mitchell, T., (1997), "Machine Learning". McGraw Hill, New York.
- [29] Mohammad, A., (2008), "Support Vector Machine Text Classification for Arabic Articles: Ant Colony Optimization Based Feature Subset Selection", PhD thesis, Arabic Academy for Banking and Financial Sciences, Amman, Jordan.
- [30] Nanda, Satyasai, J., (2009), "Artificial Immune Systems: Principle, Algorithms And Applications", MSC thesis, Thapar University, India.
- [31] Özgür, A., (2004), "Supervised and Unsupervised Machine Learning Techniques For Text Document Categorization", MSC thesis, , Boğazici University.

- [32] Pazzani, M., Billsus, D., (1997), "Learning and revising user profiles: the identification of interesting web site ", machine learning, pp. 313-331.
- [33] Romero, A., Niño, F., (2007), "An Artificial Immune System Based on Information Theory for Keyword Extraction from Text Documents", Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol.4 No. 2, pp. 25-32, Edición Especial: II Congreso Colombiano de Computación - CCC.
- [34] Qian, T., Xiong, H., Wang, Y., and Chen, E. 2007. On the strength of hyperclique patterns for text categorization. An International Journal Information Sciences, Vol. 177, pp. 4040–4058.
- [35] Sebastiani, F., (2002), "Machine Learning in Automated Text Categorization", ACM Computing Surveys, vol. 34, no. 1, pp. 1-47.
- [36] Songbo, T., Cheng, X., Ghanem, M. M., Wnag, B., and Xu, H. 2005. A novel refinement approach for text categorization. In the Proceedings of Fourteenth ACM International Conference on Information and Knowledge Management, pp 469 – 476.
- [37] Tan, S., (2008), "An improved centroid classifier for text categorization". Journal of Expert System with Applications, Vol 35, pp 279 – 285.
- [38] Twycross, Jamie, P., (2007)," Integrated Innate And Adaptive Artificial Immune System Applied To Process Anomaly Detection", PhD theises, University of Nottingham, UK.
- [39] Wei , T., (2010), "Homology Modeling of Toll-Like Receptor Ligand-Binding Domains: A Leucine-Rich Repeat Assembly Approach", PhD theises, Ludwig-Maximilians-Universität München.
- [40] Williams, C., Harry, R., and McLeod, J. (2007), "Mechanisms of apoptosis induced DC suppression", Journal of Immunology, 120S158.