University of Mosul
College of Computer Science
and Mathematics

Design Cloud System for Managing Blood Units and Convalescent Plasma for COVID-19 Patients Using a Hybrid of Real Time Algorithms

Mohammed Dherar Younus Al Ghazal

M.Sc. / Thesis

Computer Science

Supervised by

Prof. Dr. Dhuha Basheer Abdullah Albazaz

2021 A.D 1442 A.H.

Abstract

During the last decades, the management systems of blood units and their products within the health system were among the most important and influential systems in human life. Where, managing blood donation, blood allocation, and blood transfusion services operations were critical to save lives. In addition, the need to managing a specific blood product, in a special way may arise, as is the case today in the COVID-19 pandemic. Where, donation of COVID-19 Convalescent Plasma (CCP) and the process of allocating these units to in-need patients in the most appropriate way will have a decisive impact on the treatment of severe COVID-19 patients.

Unfortunately, in the traditional unit management systems, despite the availability of the required units within the system storages, inconsistencies and unavailability may occur for blood units required for critical cases in time. This is due to the allocation or disbursement of these units to less priority cases than critical ones because of the manual systems and procedures used in this issue. Also, most traditional blood banks work in isolation from one another and do not integrate with blood and convalescent plasma donation centers, hospitals, and other health care organizations that affect blood and CCP unit management services.

In the current work, a cloud system for managing blood units and convalescent plasma for COVID-19 patients using hybrid or real-time algorithms were designed and implemented. The proposed system offers two different models for managing blood and CCP units. Each model has its own proposed allocation method, which works on allocate units in the most appropriate manner, depending on the allocation request's priority and the type and quantities of the available units, which were determined based on medical needs. The most important characteristic of this system is that it eliminates

reliance on human intervention in the allocation processes; in addition, the ability to provide integrated central management for a group of local blood banks.

The proposed system was implemented by relying on Microsoft Cloud (Azure) services. Azure Virtual Machine was used as a master management server for the proposed system. Also, the Azure SQL Databases service was also relied on to build the main database. In addition, a hybrid of real-time scheduling algorithms was used in the building of the proposed system algorithms. Where, the Polling Server algorithm was relied on as the main algorithm for managing the tasks and events in the management servers. While a hybrid of the Earliest Deadline First algorithm (EDF) and Priority algorithm modified specially for this work was used to build the proposed blood unit and CCP allocation methods; and this is the most important thing that distinguishes these methods from the rest of the methods used in previous systems.

Measuring and evaluating the efficiency and performance of the proposed system was carried out based on a data set of the Central Blood Bank and the COVID-19 quarantine and treatment centers in Nineveh Governorate. The proposed system recorded a significant improvement in the efficiency of the allocation process for the available units in general, with an increase in the allocation rates for critical illness cases in particular. Where, when the proposed blood unit allocation method was used, the blood units Missing Allocation (MA) rates of normal and critical cases decreased from (26%, 9%) to approximately (14%, 3%) when each local blood bank operate separately. Whereas when all local blood banks were managed centrally and integrated by the proposed system, the MA rate was about (11%, 1.7%).

Moreover, the proposed convalescent plasma allocation method contributed to the distribution of Allocation Rates (AR) for plasma units and their regulation

based on the patients' blood oxygen saturation ratios. In addition to, improving the distribution of reserved unit quantities relative to the actually required unit quantities, at a rate of approximately (90%).

Also, in the proposed system, none of the Allocation Error (AE) cases appeared in the allocation stage. As well as in the AE cases that occurred in other stages the proposed system was able to detect approximately (80%) of its causers, and overridden (90%) of its effects.

جامعة الموصل

كلية علوم الحاسوب والرياضيات

تصميم نظام سحابي لادارة وحدات الدم ويلازما النقاهة لمرضى كوفيد- ١٩ باستخدام تهجين من خوارزميات الزمن الحقيقي

محمد ضرار يونس غـزال

رسالة ماجستير

علوم الحاسوب

بإشراف

الاستاذ الدكتور ضحى بشير عبد الله البزاز

١٤٤٢ هـ

٢٠٢١ م

الملخص

خلال العقود الاخيرة ، كانت أنظمة إدارة وحدات الدم ومنتجاتها ضمن النظام الصحي من بين أهم الأنظمة وأكثرها تأثيرًا في حياة الإنسان. حيث تعتبر إدارة عمليات التبرع بالدم وتخصيص الدم وخدمات نقل الدم ضرورية لإنقاذ أرواح المرضى. بالإضافة إلى ذلك ، قد تنشأ الحاجة إلى إدارة منتج دم معين ، بطريقة خاصة ، كما هو الحال اليوم بعد انتشار جائحة فايروس كورونا (فايروس كوفيد – ١٩). حيث اصبح لادارة وحدات بلازما النقاهة للمتعافين من فايروس كورونا (COVID-19 Convalescent Plasma CCP) بأنسب الطرق، أثراً حاسم في معالجة حالات الاصابة الحرجة بالفايروس.

لسوء الحظ ، في أنظمة إدارة الوحدات التقليدية، و على الرغم من توفر الوحدات المطلوبة ضمن خزين النظام ، قد لا يحصل المريض ذو الحالة الحرجة على الوحدة المطلوبة في الوقت المناسب. يرجع ذلك إلى أن الوحدة المطلوبة قد تم تخصيصها أو صرفها لحالة مرضية اقل أولوية وهذا بسبب استخدام أنظمة و أجراءات يدوية. فضلاً عن ذلك تعمل معظم مصارف الدم التقليدية بمعزل عن بعضها البعض ولا تتكامل بعملها مع مراكز التبرع و المستشفيات و مؤسسات الرعاية الصحية الأخرى التي يؤثر عملها بشكل مباشر على عمليات إدارة وحدة الدم و CCP .

في هذا العمل ، تم تصميم وتنفيذ نظام سحابي لإدارة وحدات الدم وبلازما النقاهة لمرضى كوفيد-١٩ باستخدام هجين من خوارزميات الزمن الحقيقي. يقدم النظام المقترح نموذجين مختلفين لإدارة وحدات الدم و CCP ، حيث أن كل نموذج يستخدم طريقة تخصيص مقترحة خاصة به. تعمل طرق التخصيص المقترحة على تخصيص الوحدات بانسب طريقة ممكنة بالأعتماداً على أولوية طلب التخصيص فضلاً عن انواع وكميات الوحدات المتاحة و ذلك بناءً على الاحتياجات الطبية. أهم ما يميز النظام المقترح أنه لا يعتمد على التدخل البشري في اتخاذ قرارات التخصيص، فضلاً عن توفير إدارة مركزية متكاملة لمجموعة من بنوك الدم المحلية.

تم تنفيذ النظام المقترح بالأعتماد على خدمات Microsoft Cloud (Azure). حيث تم استخدام Azure Virtual Machine كخادم ادارة رئيسي للنظام المقترح . كما تم الاعتماد على خدمة Azure SQL Databases لبناء قاعدة البيانات الرئيسي. أيضًا ، تم استخدام مزيج من خوارزميات الجدولة في الوقت الفعلي في بناء خوارزميات النظام المقترح، حيث تم الاعتماد على خوارزمية خادم الاقتراع (Polling Server) كخوارزمية أساسية لادارة مهام خوادم الادارة. بينما استخدم تهجين من خوارزميتي أقرب موعد نهائي أولاً (Earliest Deadline First) و الأولوية (Priority)، المعدلة خصيصاً لهذا

العمل في بناء طرق تخصيص وحدات الدم و CCP المقترحة، و هذا أهم ما يميز هذه الطرق عن باقي الطرق المستخدمة في الأنظمة السابقة.

تم قياس وتقييم كفاءة وأداء النظام المقترح بناءً على مجموعة بيانات ماخوذة من ارشيف مصرف الدم المركزي لمدينة الموصل و مراكز حجر وعلاج المصابين بكوفيد- ١٩ في محافظة نينوى.حيث سجل النظام المقترح تحسناً ملحوظاً في كفاءة عملية التخصيص للوحدات المتاحة بشكل عام ، مع زيادة في معدلات التخصيص للحالات المرضية الحرجة بشكل خاص. فعند استخدام طريقة تخصيص وحدات الدم المقترحة ، انخفضت معدلات حالات التخصيص المفقود (Missing Allocation) لوحدات الدم للحالات العادية والحرجة من (٢٦٪ ، ٩٪) إلى ما يقرب (١٤٪ ، ٣٪) عند عمل كل بنك دم محلي على حدة. في حين عندما تم ادارة جميع مصارف الدم المحلية بشكل مركزي و متكامل من قبل النظام المقترح بلغت معدلت حالات التخصيص المفقود حوالي (١١٪ ، ١,٧٪).

علاوة على ذلك ، عملت طريقة تخصيص بلازما النقاهة المقترحة على الغاء العشوائية في توزيع معدلات التخصيص (Allocation Rates) لوحدات بلازما النقاهة لمرضى فايروس كورونا، من خلال تنظيمها بناءً على نسب تشبع الأكسجين في الدم لدى المرضى. بالإضافة إلى تحسين توزيع كميات الوحدات المحجوزة بالنسبة لكميات الوحدات المطلوبة فعلاً ، بمعدل يقارب (٩٠٪).

كما انه في النظام المقترح ، لم تظهر أي من حالات خطأ التخصيص (Allocation Error) في مرحلة التخصيص . بينما في حالات خطاء التخصيص التي ظهرت في المراحل الاخرى، تمكن النظام المقترح من كشف (٨٠%) من مصادر هذه الأخطاء كما تمكن النظام من تجاوز (٩٠%) من آثار هذه الحالات.