محاكاة وحماية جهاز تنفس صناعي لعلاج متلازمة الضائقة التنفسية الحادة باستخدام الماتلاب

مريان فضل الله سعدو*

(الإيداع: 10 تشرين الأول 2024، القبول: 17 تشرين الثاني 2024)

الملخص:

في هذا البحث، نقدم نموذجًا لجهاز تنفس لدعم المرضى الذين يعانون من متلازمة الضائقة التنفسية الحادة Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) يهدف البحث إلى معايرة الجهاز ومحاكاة التغيرات في مستويات الأكسجين وتشبع الأكسجين وثاني أكسيد الكربون خلال جلسة علاجية مدتها 120 دقيقة. يتم استخدام تقنية البلوك تشين لضمان حماية البيانات الطبية الحيوية من التلاعب والهجمات السيبرانية ، مما يعزز من أمان وخصوصية المعلومات الصحية الحساسة.

يتضمن البحث استخدام معادلات رياضية لمعايرة النموذج المقترح وحساب القيم الحيوية الأساسية، بما في ذلك معادلات تدفق الأكسجين، حجم المد، التهوية، والضغط الجزئي للأكسجين في الدم.

تظهر المحاكاة أن جهاز التنفس يمكنه تحقيق استقرار وتحسين في القيم الحيوية للمرضى، مع تقديم رسائل تحذيرية عند الخروج عن النطاق المسموح به. يعزز استخدام البلوك تشين من أمان وخصوصية البيانات الصحية، مما يضمن استمرارية العلاج دون انقطاع.

يلخص البحث إلى أن دمج تقنية البلوك تشين في أجهزة التنفس يوفر مستوى عالٍ من الأمان والفعالية، مما يسهم في تحسين الرعاية الصحية للمرضى المصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة بما أنها تحتاج لإرسال بيانات المريض بشكل مستمر عبر أجهزة الاستشعار الحيوية، وبالتالي يجب حماية خصوصية هذه البيانات للحفاظ على حياة المرضى[1].

كما نقترح المزيد من الأبحاث لتطوير هذه التكنولوجيا ودمجها مع أنظمة الرعاية الصحية الأخرى.

الكلمات المفتاحية:البلوك تشين، ARDS، الأمن السيبراني، معايرة الجهاز، الماتلاب، أجهزة التنفس.

*باحثة– اختصاص تحكم آلي وحواسيب – كلية الهمك – جامعة حماة

Simulation and protection a ventilator for acute respiratory distress syndrome using MATLAB

Marian Saado*

(Received: 10 October 2024, Accepted: 17 November 2024)

Abstract:

In this research, we present a ventilator model to support patients suffering from Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS). The study aims to calibrate the ventilator and simulate changes in oxygen levels, oxygen saturation, and carbon dioxide levels during a 120-minute treatment session. Blockchain technology is employed to ensure the security of biomedical data against manipulation and cyber-attacks, enhancing the security and privacy of sensitive health information.

The research includes the use of mathematical equations to calibrate the proposed model and calculate essential vital values, including equations for oxygen flow, tidal volume, ventilation, and partial pressure of oxygen in the blood.

The simulation demonstrates that the ventilator can achieve stability and improvement in the patients' vital values, issuing warning messages when values deviate from the allowed range. The use of blockchain enhances the security and privacy of health data, ensuring uninterrupted treatment continuity.

Researcher – Computer Control and Computers – Faculty of Hamak – University of Hama

المقدمة:

في عصر التكنولوجيا الحديثة، أصبحت الأجهزة الطبية المتصلة بالإنترنت جزءًا حيويًا من الرعاية الصحية، حيث توفر فوائد عديدة مثل التشخيص عن بُعد والمراقبة المستمرة للمريض.

وأكدت العديد من الدراسات الحاجة الملحة لتطوير أجهزة التنفس والتكنولوجيا المرتبطة بها، نظرًا للأعباء الكبيرة المرتبطة بالأمراض التنفسية وارتفاع معدل الوفيات الناجمة عنها. معظم الأساليب الحالية لتشخيص ومعالجة الأمراض التنفسية تتطلب موارد مستشفى وتتضمن أساليب مزعجة ومكلفة ومتداخلة. لذلك، يجب السعي لتوفير بيئة مناسبة أكثر للمرضى

يركز هذا البحث على متلازمة الضائقة التنفسية الحادة(ARDS)، وهو نوع خطير من فشل الجهاز التنفسي، يتميز بفشل تنفسي حاد ناتج عن التهاب شديد في الرئتين يؤدي إلى انخفاض حاد في مستويات الأكسجين في الدم يمكن أن تحدث هذه المتلازمة بسبب مجموعة متنوعة من الأسباب، مثل العدوى، الصدمات، استنشاق المواد الضارة، أو مضاعفات الجراحة، وفي هذه الحالة كمية الأكسجين التي يجب أن تصل للمريض كبيرة وهي 30 لتر/دقيقة

.[3][2]

نظرًا لأهمية مراقبة أجهزة التنفس بشكل دائم واتصالها بالإنترنت، فإنها تتعرض لهجمات سيبرانية فجائية لذلك لابدَ من حمايتها. في هذا البحث، سنستخدم تقنية البلوك تشين لحماية جهاز التنفس المحمول المفروض، وهي تقنية واعدة لضمان أمن وخصوصية البيانات الطبية وحماية الأجهزة الطبية من التلاعب والهجمات السيبرانية، مما يعزز الأمان والشفافية في نظام الرعاية الصحية[4].

كما تُعد تقنية البلوك تشين من التقنيات الرائدة في مجال الأمان الرقمي، حيث تُستخدم كسلسلة من الكتل المرتبطة ببعضها البعض لتخزين البيانات بشكل موزع وغير مركزي. تعتمد البلوك تشين على مبدأ توزيع البيانات في كتل مرتبطة بشكل تسلسلي، حيث تحتوي كل كتلة على بيانات وتجزئة للكتلة السابقة، مما يجعلها مقاومة للتلاعب أو التعديل. توفر هذه التقنية مستويات عالية من الأمان والشفافية، حيث يصعب تغيير البيانات المخزنة دون التأثير على السلسلة بأكملها. في هذا البحث، تستخدم البلوك تشين لتأمين البيانات الصحية للمرضى، بما في ذلك نسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، لضمان حماية الخصوصية واستمرارية العلاج دون انقطاع.

هدف البحث:

الهدف من هذا البحث هو التأكيد على أهمية أجهزة التنفس المحمولة ومحاولة تطويرها وتحسينها باستمرا نظراً لعدم وجود حالة ثابتة تتعامل معها، ولابدَ من حمايتها عند اتصالها بشبكة الإنترنت من الهجمات السيبرانية التي يمكن أن تتعرض لها. فالفريق الطبي يجب أن يكون على إطلاع كامل ومستمر على حالة المريض لأنَ سرعة الاستجابة تلعب دوراً كبيراً في الحفاظ على حياة المرضى الموصولين على هذه الأجهزة إذ أنَ أي عطل في هذه الأجهزة حتى لوكان بسيطاً يمكن أن يؤدي إلى عواقب صحية خطيرة وحتى إلى الوفاة. من هنا تأتي أهمية هذا البحث وضرورة تطوير هذه الأجهزة وحمايتها باستمرار. والهدف هنا دراسة وتحليل علاج االمصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة (ARDS) وحماية بياناتهم عند التعرض لهجمة سيبرانية باستخدام البلوك تشين.

مشكلة البحث:

تواجه أنظمة الرعاية الصحية الحديثة تحديًا كبيراً يتمثل في ضرورة ضمان دقة ومصداقية بيانات المرضى وحمايتها من الهجمات السيبرانية. أجهزة التنفس هي جزء حيوي من هذه الأنظمة، وهي أجهزة دقيقة الاستخدام أي خطأ فيها لو بسيط يمكن أن يؤدي إلى نتائج كارثية قد تودي بحيياة المرضى ويؤكد ذلك سحب شركة فيلبس لأجهزة التنفس بسبب عيوب في الأجهزة قد تؤدي إلى نتائج كارثية [13]، وبما أنَ هذه الأجهزة معقدة جدا اخترنا أحد الجوانب التي تستخدم أجهزة التنفس لأجلها لأنَ لكل مريض يوضع على هذه الأجهزة خصوصية كبيرة، وسنقوم بمعايرة القيم الحيوية مثل تشبع الأكسجين

Saturation of Peripheral Oxygen (SpO2)، نسبة الأوكسجينO2) ونسبة ثنائي أكسيد الكربون((CO2) ،لل ARDSمع الأخذ بعين العتبار خصوصية الحالة أي القيم التي يجب تغييرها استنادا إلى رأي طبي وحالة المريض وهي أمراً حاسم لضمان تقديم العلاج الأمثل. يتزايد الاعتماد على تقنية البلوك تشين كوسيلة لحماية بيانات المرضى من التلاعب والاختراق. ومع ذلك، يظل التحدي في إثبات فعالية هذه التقنية في سيناريوهات الهجوم السيبراني وكيف يمكن لهذه التكنولوجيا أن تحافظ على سلامة البيانات وضمان استمرارية العلاج دون تأثر قائم.

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الأبحاث التي تحدثت في مجال أجهزة التنفس ومتطلباتها ومشاكلها فبعضها استعرضت التقدمات الحديثة في تقنيات مراقبة التنفس القابلة للارتداء والتقنيات المستخدمة عن بعد، وناقشت التحديات والفرص في تطبيق هذه التقنيات في الرعاية الصحية. وهدفت إلى تقديم نظرة شاملة عن هذه التقنيات وتحليل تأثيرها المحتمل على رعاية المرضى[1]، وهناك دراسات مهمة في متلازمة ARDS منها وفرت اللإرشادات السريرية لجمعية الرئة الأمريكية بشأن إدارة مرضى المتلازمة التنفسية الحادة (ARDS) لدى البالغين، مع توصيات مبنية على الأدلة الحالية.وبالتالي هدفت إلى تحسين نتائج علاج المرضى[2]، وبعضها الآخريهدف إلى تقديم تعريف عالمي جديد للمتلازمة التنفسية الحادة(ARDS) ، معتمداً على الأدلة الحديثة كما يعمل على تقديم معايير جديدة لتحسين التشخيص والعلاج بناءً على الوضع الحالي للمرض [3]، وهناك مقالة تناقش سحب أجهزة التنفس الصناعي وآلات ضغط الهواء الإيجابي من فيليبس ريسبيرونيكس بسبب مشكلات في مراقبة الأجهزة الطبية، وتبرز الفجوات في نظام مراقبة الأجهزة الطبية وهذا يؤكد على أهمية الدقة الشيدة في تصنيع هذه الأجهزة [5]، وقام باحثون بإستعراض طرق التهوية الميكانيكية بين الماضي إلى الحاضر و التوقعات لمستقبل هذه التكنولوجيا وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل التحديات والفرص في تطبيق التهوية الميكانيكية الحديثة لتحسين رعاية المرضى [8]، أما بالنسبة للبلوك تشين فهناك كثير من الباحثين قامو بدراسات في هذا المجال فهناك دراسات استعرضت قضايا الأمان والتحديات المرتبطة بتقنية البلوك تشين، مع تحليل للمخاطر والفرص في تحسين أمان البيانات[11] وباحثين آخرين قامو بمراجعة منهجية لتطبيقات تقنية البلوك تشين في قطاع الرعاية الصحية، مع تحليل الفوائد والتحديات[12].

الجدول رقم (1): جدول المقارنة مع الأبحاث الآخرى:

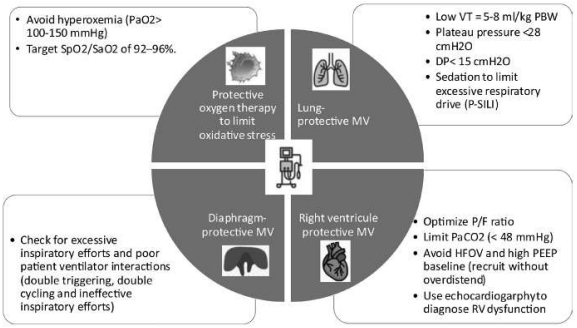
المعيار	هذا البحث	بحث Vitazkova وآخرون(2024)	بحث Qadir وآخرون(2024)	بحث El Madhoun وآخرون (2024)
نطاق الدراسة	محاكاة جهاز تنفس صناعي لمرضى ARDSباستخدام MATLABوحماية البيانات بالبلوك تشين	تقنيات مراقبة التنفس القابلة للارتداء والتحليل عن بُعد	إدارة المرضى المصابين بمتلازمة ARDSبناءً على الإرشادات السريرية	تحليل أمان البلوك تشين في القطاع الصحي
التركيز على تقنية الحماية	حماية البيانات الحيوية أثناء التهديدات السيبرانية	لا يشمل حماية البيانات، يركز على مراقبة التنفس	لا يوجد تركيز على الحماية، يركز على إدارة العلاج وفقاً للإرشادات	تحليل المخاطر الأمنية للبلوك تشين وتحديات تطبيقها في الرعاية الصحية
استخدام البلوك تشين	استخدم البلوك تشين لتوثيق القيم الحيوية ومنع التلاعب	غير مستخدم، يركز على مراقبة التنفس فقط	غير مستخدم، يركز على الإرشادات السريرية	استخدم البلوك تشين كوسيلة لتعزيز أمان البيانات وتحليل التحديات المحيطة
نتائج الحماية الفعلية	نسبة حماية 92.24%، قادرة على استعادة البيانات بعد الهجوم	لا توجد نتائج حماية؛ لا يتناول حماية البيانات	لا توجد نتائج حماية؛ يركز على تحسين العلاج السريري	تحليل شامل لأمان البلوك تشين وأهمية تحسين البروتوكولات الأمنية
الأهمية السريرية	تحسين أمان واستقرار أجهزة التنفس في حالات حرجة	تحسين تقنيات المراقبة عن بُعد لراحة المرضى	تحسين نتائج علاج المرضى بناءً على الإرشادات	تعزيز أمان البيانات في الرعاية الصحية لضمان حماية البيانات الحساسة

المعايير الطبية:

في هذا البحث تم فرض نموذج لجهاز تنفس بسيط ومعايريته ومحاكاته باستخدام الماتلاب ومراقبة تغير مستويات الأكسجين وتشبع الأكسجين وثاني أوكسيد الكربون حيث أن هذه القيم لها دور فعال في تحسين رعاية المرضى وتقديم علاج فعال[5]، كما يجب أن نأخذ بعين الاعتبار قيمة ال(PEEP) Pressure Positive End –Expiratory وهو تقنية تهوية تساعد في الحفاظ على الحويصلات الهوائية مفتوحة وتحسن أكسجة الدم، وتم عمل دراسات على عدد كبير من المرضى المصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة لتحديد نسبة ال PEEP الأفضل واستناداً عليها سيتم اختيار قيمة ال PEEP المناسبة للبحث [6]، علماً أن القيم التي سنفرضها في هذا البحث مخصصة للبالغين المصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادةفه (ARDS) وستم علاج المرضى هنا بالتهوية الميكانيكة يحيث ستم استخدام جهاز التنفس لتوفير تهوية ميكانيكية، حيث يُضبط الضغط الإيجابي عند الانتهاء من التنفس (PEEP) للحفاظ على فتح الأوعية الدموية في الرئتين وتحسين التأكسج، وسنستخدم توصيات الإدارة الوقائية لمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة(ARDS) لفعل ذلك مع التركيز على حماية الأعضاء المختلفة والتحكم في العوامل المرتبطة بعملية التهوية كما أنه تم ضبط القيم والمعايير لتحقيق أفضل النتائج الممكنة مع تقليل الأضرار المرتبطة بالتهوية. القيم التي سنفرضها في هذا البحث

مخصصة للبالغين المصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة(ARDS) ، حيث أنّ قيمة ضغط الصفائح أقل من 28–30 سم ماء للحد من الضغط الأقصى على الرئة لتقليل خطر الإصابة الناجمة عن التهوية، (PEEP) ضغط الزفير الإيجابي المستمر أكبر من 5 سم ماء للحفاظ على الحويصلات الهوائية مفتوحة وتحسين الأنسجة، أما حجم المد 6 مل/كجم من وزن الجسم المثالي لتوفير حجم كافي من الهواء للتهوية دون التسبب في تليف الرئة [7].

وذللك موضح بالشكل الآتي:



الشكل رقم (1) المفاهيم الفسيولوجية للتهوية الميكانيكية وتطبيقاتها [7].

هذا الشكل يحتوي على ملخص لتوصيات الإدارة الوقائية لمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة (ARDS) الوقائية لمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة المذكورة سابقاً.

منهجية البحث:

يجب فهم الفيزيولوجيا التنفسية لتحديد القيم التنفسية وحساب مختلف المعطيات التنفسية بدقة وحسابات التهوية للحصول على معلومات دقيقة وموثوقة حول المعادلات والقيم التي سنستخدمها لدراستنا [8][9].

المعطيات المستخدمة:

تدفق الأكسجين 15 :(O2 Flow Rate) لتر/دقيقة

مدة الجلسة 120 :(Session Duration) دقيقة

نسبة الأكسجين المنشق(94%) 0.94 :(Pao2–target)

الضغط الجزئي للأكسجين المستهدف في الدمPao2 target): 100 mmHg)

تشبع الأكسجين المستهدف96% :(SpO2_target)

الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون المستهدفPaco2 target): 40 mmHg)

حجم المدml 500 :(Tidal Volume, VT)

حجم الفضاء الميتml 150 :(Dead Space Volume, VD)

معدل التنفس 12 :(Respiratory Rate, f) أنفاس/الدقيقة

الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون المستهدف (Paco2 target): 40 mmHg

حجم المدَ (Tidal Volume,VT): 500 ml

حجم الفضاء الميت (Dead Space Volume, VD): 150 ml

معدل التنفس(Respiratory Rate, f): 12 breaths/minute

المعادلات:

1– معادلة تدفق الأكسجين:(O2 Flow Rate)

$$VO2=Flow\ Rate\times Session\ Duration$$

حيث VO2هو حجم الأكسجين الكلي المستهلك خلال الجلسة.

Flow Rate= 15لتر/دقيقة

Session Duration= 120دقيقة

15×120=1800 لتر وهو حجم الأكسجين المستهلك خلال الجلسة

معادلة التهوية السنخية (Alveolar Ventilation)

f×(VD–VT)=VA

VT=1500 ml

VD=150 ml

f= breaths/ 12minute

VA=12×(500–150)= 4200 ml/min

حيث أن التهوية السنخية هي حجم الهواء الذي يصل إلى الحويصلات الهوائة في الرئتين ويكون متاحاً لعملية التبادل الغازي مع الدم.

قيم التهوية السخنية مناسبة لبحثي ويمكن تغييرها عند وجود توصيات طبية.

علما أنَ التهوية السنخية (Alveolar Ventilation) هي حجم الهواء الذي يصل إلى الحويصلات الهوائية في الرئتين ويكون متاحًا لعملية التبادل الغازي مع الدم. تختلف التهوية السنخية عن التهوية الكلية لأنها تأخذ في الاعتبار حجم الفضاء الميت (Dead Space) الذي لا يشارك في التبادل الغازي.

معادلة تشبع الأكسجين SPO2:

Pao2\(pao2+150)×100=spo2

Pao2: الضغط الجزئي للأكسجين في الدم الشرياني

Pa02(target)=100mmhg

100\(150+100)=40%=spo2

معادلة الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون (paco2)

paco2 =Co2V/VA

=co2V

=VA

حساب النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون (CO2%):

(Paco2/760)×100= co2

(40/760)×100= 5.26%= co2

PEEP =5 CMH2Oو

ولكن القيم التي سأدخلها للمرضى في النموذج على ماتلاب يجب أن تكون منطقية وضمن مجال منطقي وهذه القيم الحيوية المسموح إدخالها للمرضى هي الحد الأدنى لمستوى الأكسجين: 30% والحد الأقصى 100%

والحد الأدنى لتشبع الأكسجين 30% و100% والحد الأدنى لثاني أكسيد الكربون 4.6% والحد الأقصى 10.5%

وعند الخروج عن هذه القيم سيعطي النموذج المفروض الرسالة الآتية:

(خطأ: القيم المدخلة غير صحيحة أو خارج النطاق المسموح به)

والنسب التي نهدف للوصول لها عبر جهاز التنفس ليتقر وضع هي كالآتي:

نسبة الأكسجين(O2_target = 94%):

إن تحديد الهدف لنسبة الأكسجين في الهواء المستنشق 94 % يعد مناسبا لتوفير كمية كافية من الأكسجين للجسم، مما يضمن تأمين الاحتياجات الفسيولوجية دون التعرض لخطر تسمم الأكسجين، الذي قد يحدث عند مستويات أعلى بكثير من ذلك.

هذه النسبة تحاكي الإعدادات المستخدمة في العديد من سيناريوهات الرعاية الصحية، خاصة عندما يحتاج المريض إلى دعم معتدل من الأكسجين[6].

تشبع الأكسجين(SpO2_target = 96%):

تشبع الأكسجين بنسبة 97 % يعد هدفًا مثاليًا لضمان وجود أوكسجين كافٍ في الدم لدعم
وظائف الأعضاء الحيوية.

هذه النسبة تقع ضمن النطاق الطبيعي لتشبع الأكسجين لتجنب فرط الأكسجين في الدم، والذي يتراوح عادة بين 92 %و 96%. تشبع الأكسجين بهذه النسبة يدل على كفاءة عالية في نقل واستخدام الأوكسجين لتجنب الأكسجة أو نقص الأكسجة .

الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون:

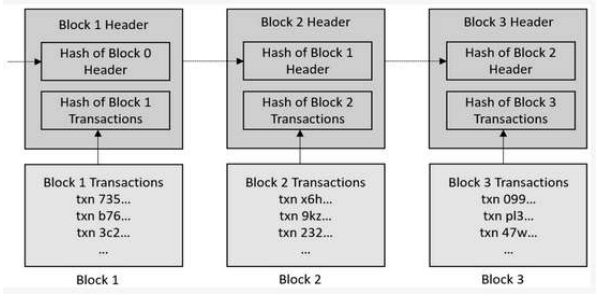
يجب أن يكون أقل من 48ميلمتر زئبقي وسنفرض القيمة الهدف له 40 ميليمترزئبقي.

ولكن نريد أن تكون بالنسبة المئوية فيمكن تحويلها حسب العلاقة الآتي

(c02p/760)×100= النسبة المئوية لثاني أكسيد الكربون

وبالتالي قيمة الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون المطلوب هنا 5.26%

وبعد إدخال النموذج على ماتلاب، سنقوم بإدخال البيانات الخاصة بكل مريض وقد اخترنا البلوك تشين لحماية هذا النموذج فهو تقنية ناشئة في مجال تكنولوجيا المعلومات يتميز البلوك تشين بأنه نظام قاعدة بيانات موزعة ولا مركزية وقابل للتتبع وغير قابل للتلاعب وموثوق[12] ، هسنفترض حدوث هجمة سيبرانية على بيانات المريض ونلاحظ كيف سيقوم البلوك تشين بالحماية مع إدخال البيانات ل30 مريض وهمي يعاني من متلازمة الضائقة التنفسية الحادة ليتم محاكاة علاجهم على ماتلاب ونفرض تعرضهم لهجمة سيبرانية وتحديد نسبة الحماية للبلوك تشين بناءً على ذلك حيث أنه في البلوك تشين يتم تجميع البيانات في كتل تحتوي كل منها على مجموعة بيانات وتجزئة الكتل السابقة، مما يضمن تسلسل الكتل، وصعوبة تغيير البيانات.



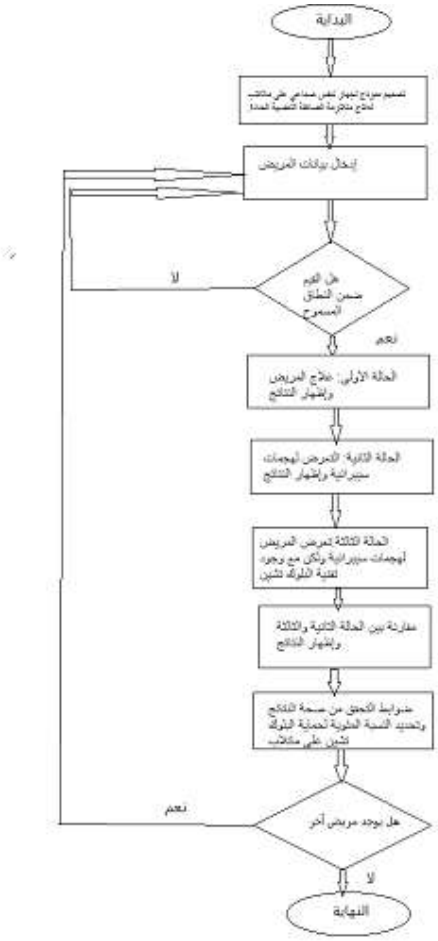
الشكل رقم(2): الكتل لتمثيل سلسلة الكتل (البلوك تشين)[10].

الشكل 2 يوضح كيفية ربط الكتل في سلسلة الكتل (البلوك تشين) و يحتوي كل بلوك على رأس وتجزئة المعاملات، ويشمل رأس كل بلوك تجزئة رأس البلوك السابق، مما يربط الكتل معاً بشكل متسلسل ويضمن تكامل البيانات وأمانها.

البلوك تشين بسبب فعاليته الكبيرة في الحماية فإن البلوك تشين يساهم في زيادة المرونة والشفافية للنظام، وتعزيز وزيادة في الأمان والثقة.

وقد أظهرت العديد من الأبحاث طريقة عمله في قطاع الرعاية الصحية وكيفية استخدامه لتأمين البيانات الطبية إذ يعتمد البلوك تشين على بنية **سلسلة الكتل**، حيث يتم تقسيم البيانات إلى كتل تحتوي كل منها على تجزئة للكتلة السابقة، مما يضمن تكامل البيانات ويصعّب التلاعب بها [12].

أما بالنسبة للمخطط التدفقي الذي يوضح تصميم نموذج لجهاز تنفس صناعي لعلاج متلازمة الضائقة التنفسية الحادة ومحاكاته على ماتلاب هو كالآتي:



الشكل رقم(3): مخطط تدفقي للنموذج المقترح.

المحاكاة إظهار النتائج:

يتيح ماتلاب ستخدام مجموعة واسعة من الوظائف الرياضية والمعادلات التفاضلية لحساب القيم الحيوية والتحكم فيها، ولتطبيق ذلك في البحث تم استخدام معادلات خاصة بحساب تدفق الأكسجين، التهوية السنخية (Alveolar Ventilation)، ومستويات ثاني أكسيد الكربون، حيث تم تصميم معادلات لحساب القيم المستهدفة بناءً على حالة كل مريض. تمت هذه الحسابات لضمان بقاء القيم ضمن النطاقات العلاجية المناسبة طوال فترة الجلسة.

وسيتم إدخال بيانات المرضى الوهميين في البرنامج المصصم في ماتلاب، وسندخل هنا ثلاث قيم للبيانات وهي نسبة الأكسجين وتشبع الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الخاصة بكل مريض، وهنا سنقوم بعلاج ARDS لمرضى وهميين اعتمادا على القيم المدخلة سابقاً علماً أنه يمكننا إدخال العدد الذي نريده من المرضى إلى ماتلاب ليتم علاجهم.

وسيتم استخراج النتائج البيانية من المحاكاة، وتمت مقارنة الحالات مع وجود البلوك تشين وبدون استخدام البلوك تشين.

وسيتم بعد إدخال كل مريض طرح السؤال الآتي في ماتلاب

(هل تريد معالجة مريض آخر؟ نعم/لا:)

إذا كان نعم سنقوم بإدخال بيانات المريض الثاني وهكذا.

سوف نقوم بإدخال بيانات لمرضى وهميين كالآتي:

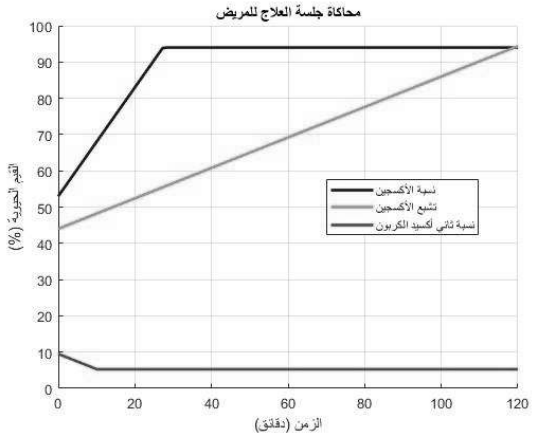
المريض الأول مصاب ب ARDS نتيجة إصابة مباشرة بالرئة نتيجة حادث سير وفحوصات المريض أظهرت الآتي:

نسبة الأكسجين الحالية للمريض: 53%

تشبع الأكسجين الحالي للمريض: 44%

مستوى ثاني أكسيد الكربون الحالي للمريض :% 9.8

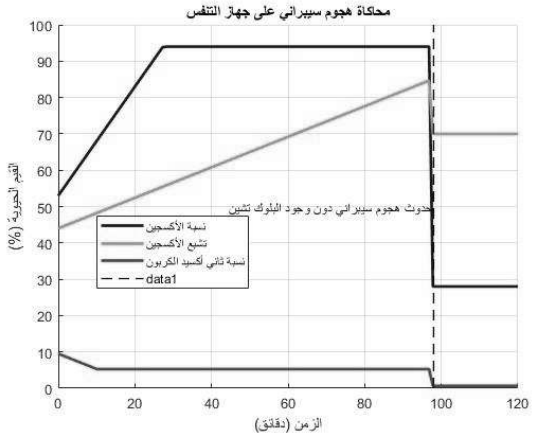
سيقوم جهاز التنفس المفروض بتحسين حالة المريض كما هو مبين في الشكل التالي:



الشكل رقم (4):محاكاة وضع المريض الأول على الجهاز.

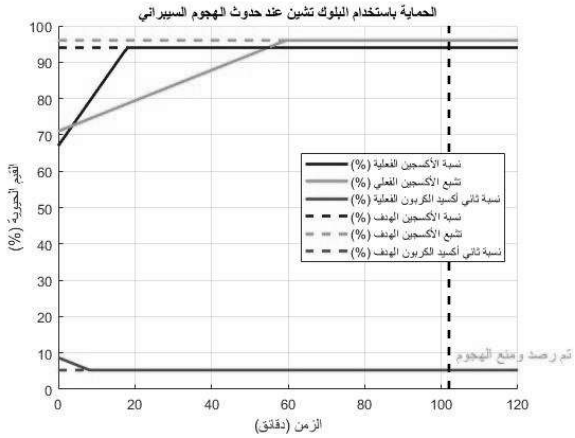
يظهر الرسم البياني تغير نسب الأكسجين وتشبع الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في دم المريض خلال جلسة العلاج. نلاحظ أن نسبة الأكسجين (الخط الأزرق) تصل إلى الهدف بنسبة 94% بعد 30 دقيقة، وتشبع الأكسجين (الخط الأخضر) يصل إلى الهدف بنسبة 96% بعد 120 دقيقة، بينما نسبة ثاني أكسيد الكربون (الخط الأحمر) تبقى ثابتة تقريبا عند 5.26% طوال فترة الجلسة. يشير هذا إلى أن استقرار نسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون يتحقق في وقت مبكر، بينما تشبع الأكسجين يتطلب وقتًا أطول لتحقيق الاستقرار الكامل والاستقرار يعني أن الجهاز قد وصل إلى كفاءة في توصيل الأكسجين والحفاظ على التهوية المناسبة للمريض.

نسبة ثاني أكسيد الكربون تستقر بسرعة، مما يشير إلى فعالية التهوية السنخية في إزالة ثاني أكسيد الكربون والحفاظ على نسبة مستقرة منه في الدم. عند وصل جهاز التنفس المحمول بالإنترنت ليتم مراقبة وضع المريض من قبل الفريق الطبي نفرض تعرضه لهجوم سيبراني:



الشكل رقم (5): محاكاة الهجوم السيبراني للمريض الأول.

الشكل يوضح كيف يمكن للهجوم السيبراني أن يؤثر سلبًا على القيم الحيوية للمريض ويجعلها تتدهور بشكل حاد، مما يظهر أهمية وجود نظام حماية مثل البلوك تشين لحماية أجهزة التنفس من هذه الهجمات وهذا ماسيظهره الشكل التالي وسنرى كيف قام البلوك تشين برصد الهجوم وحماية بيانات المريض.



الشكل رقم (6):الهجوم السيبراني مع وجود البلوك تشين للمريض الأول.

نلاحظ من الرسم البياني

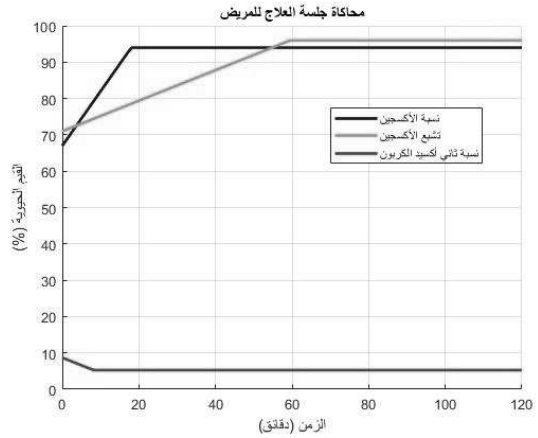
بعد تطبيق تقنية البلوك تشين، نلاحظ عودة القيم السابقة إلى القيم الهدف تدريجياً واستقرارها بعد حوالي الدقيقة 100.

بيانات المريض الثاني ومريض بعمر45 سنة مصاب ARDS نتيجة التهاب رئوي حاد ناتج عن عدوى بكتيرية ونتائج فحص المريض كالآتي:

O2=67%

Spo2=71%

Co2=8.72



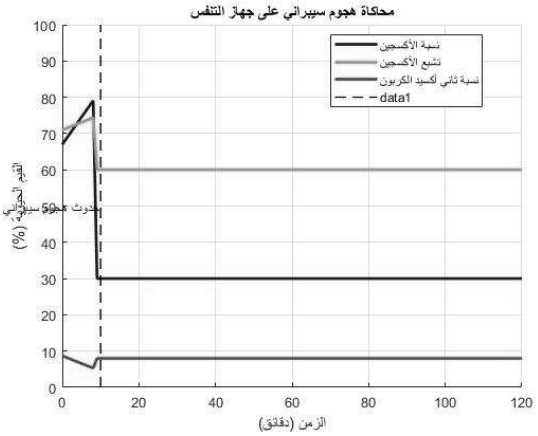
الشكل رقم (7): محاكاة علاج المريض الثاني.

يبين الشكل أن الجهاز يعمل بكفاءة عالية في رفع نسب الأكسجين وتشبع الأكسجين بسرعة إلى القيم المستهدفة ثم الحفاظ على استقرارها خلال فترة العلاج.

نسبة ثاني أكسيد الكربون أيضاً تستقر بسرعة، مما يشير إلى أن الجهاز يحافظ على تهوية سنخية فعالة.

هذه النتائج تشير إلى أن النموذج المستخدم في البرنامج يعبر بشكل جيد عن جهاز تنفس صناعي فعال في تحقيق الأهداف العلاجية للمريض الثاني.

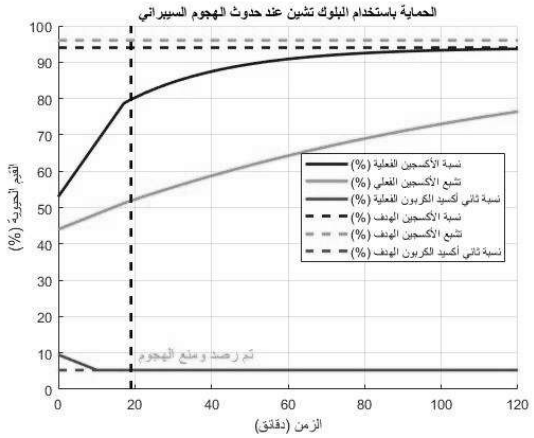
وعند حدوث الهجوم السيبراني هذا ما سيحدث



الشكل رقم (8): حدوث الهجوم السيبراني.

هذا الشكل يظهر حدوث هجوم سيبراني على البيانات وإدخال قيم خاطئة إلى الجهاز مما قد يودي بحياة المريض.

أما في حال وجود البلوك تشين وحصول الهجوم هذا ماسيحدث:



الشكل رقم (9):الحماية باستخدام البلوك تشين للمريض الثاني.

الشكل يوضح كيف قام البلوك تشين بحماية بيانات المريض ورصد الهجوم واستعادتها بأسرع وقت وعلاج المريض.

الآن سنقوم بالمحاكاة لعلاج 30 مريض مصابين ب ARDS والتحقق من حماية البلوك تشين مع تحديد النسبة المئوية لحمايته استناداً إلى الجدول الآتي:

الجدول رقم (2): حماية البلوك تشين للبيانات الطبية الحيوية.

Patient_ID	Success_Rate	Recovery_Time
1	79.167	116
2	85.833	89
3	91.667	39
4	87.5	34
5	85.833	42
6	93.333	27
7	93.333	37
8	73.333	117
9	90	12
10	90	92
11	84.167	62
12	85.833	3
13	74.167	113
14	62.5	112
15	91.667	22
16	84.167	41
17	84.167	69
18	68.333	105
19	84.167	74
20	87.5	73
21	85.833	42
22	93.333	69
23	87.5	2
24	65	108
25	93.333	97
26	93.333	80
27	87.5	32
28	81.667	70
29	84.67	3
30	85.833	36

بناء على هذا الجدول تم تحديد نسبة الحماية باستخدام الماتلاب للبلوك تشين92.24% حيث تم إدخال بيانات مرضى وهمية ومحاكاة الهجمات السيبرانية للتلاعب بالقيم الحيوية. بعد تطبيق البلوك تشين، تم قياس وقت الاسترداد لاستعادة القيم المستهدفة ومعدل النجاح لكل مريض، مما أظهر فعالية النظام في حماية البيانات. بلغت نسبة الحماية العامة 92.24%ويمكن زيادة نسبة الحماية هذه عن طريق خوارزميات أخرى معه كاستخدام التعليم الالي [11].

أي تم تطبيق النتائج في هذا البحث عبر إدخال بيانات حيوية لعدد من المرضى ومحاكاتها باستخدام MATLAB و Simulinkلضبط مستويات الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، مع تحقيق استقرار القيم الحيوية عبر جلسات العلاج. كما استخدمت تقنية البلوك تشين لحماية هذه البيانات وتوثيقها ومنع التلاعب بها، حيث تم اختبار فعالية الحماية ضد هجمات سيبرانية واستعادة البيانات بسرعة. أظهرت الرسوم البيانية الناتجة من MATLAB استقرار القيم الحيوية بوجود البلوك تشين وتدهورها عند غيابه. أظهرت النتائج نسبة حماية جيدة، مما يثبت كفاءة النظام في ضمان أمان واستمرارية العلاج.

النتائج والمناقشة:

نلاحظ مما سبق أنَ البحث يركز على علاج حالة طبية حرجة، مما يعطي البحث أهمية خاصة نظراً لخطورة هذه الحالة والحاجة الماسة لآمان البيانات واستمرارية العلاج، وهذا التركيز جعل البحث ذو فائدة خاصة للأطباء والمهندسين الذين يعملون في علاج الضائقة التنفسية الحادة والنسبة المئوية من الآمان التي تم تحقيقها تظهر أن تطبيق البلوك تشين في هذا السياق ليس فقط نظرياً بل يمكن أن يكون عملياً وفعالاً وبالمقارنة مع أبحاث آخرى مثلاً [4] فهو يركز فقط على تحليلات نظرية لآمان البلوك تشين في القطاع الصحي بشكل عام دون تطبيقات محددة أما في هذا البحث فتم الاعتماد على مجموعة من الضوابط للتحقق من صحة النتائج كالتأكد من أن القيم المحسوبة تتماشى مع المعايير الطبية المعروفة للمرضى المصابين بمتلازمة الضائقة التنفسية الحادة (ARDS) ومراجعة النتائج البيانية للتأكد من أن الجهاز يقدم تحذيرات عند الخروج عن النطاقات المسموح بها. ومحاكاة هجمات سيبرانية متعددة على الجهاز للتأكد من قدرة تقنية البلوك تشين على حماية البيانات واستعادة النظام بسرعة ومن تحليل الرسوم البيانية الناتجة من المحاكاة تم التأكد من أن التغيرات في القيم الحيوية تتبع الأنماط المتوقعة طبياً. واختبار قدرة البلوك تشين على صد محاولات التلاعب بالبيانات من خلال تحليل تكامل السلسلة بعد الهجمات السيبرانية.

باستخدام هذه الضوابط، نضمن أن النموذج المقترح لجهاز التنفس المحمول يعمل بشكل صحيح ودقيق، وأن تقنية البلوك تشين توفر الحماية المطلوبة للبيانات الطبية الحيوية.

الدراسات المستقبلية:

نأمل في المستقبل أن يتم تحسين نماذج أكثر شمولية لمحكاة علاج الأمراض التي تحتاج إلى جهاز تنفس،

بهدف دراسة جميع الحلات التي يمكن أن تصيب المرضى بدقة عالية، مما يمكننا من تصميم جهاز عملي قابل للاستخدام بكل ثقة، ولتقييم فعالية النظام في بيئات طبية فعلية يمكن إجراء تجارب سريرية موسعة وتحليل الأداء عبر سيناريوهات متعددة لتقديم توصيات عملية للتطبيق السريري.

كما نقترح المزيد من الأبحاث لتطوير تكنولوجيا البلوك تشين ودمجها مع أنظمة الرعاية الصحية الأخرى، مما سيعزز الأمان والخصوصية في إدارة البيانات الصحية.

المراجع:

1.Vitazkova, D., Foltan, E., Kosnacova, H., Micjan, M., Donoval, M., Kuzma, A., ... & Vavrinsky, E. (2024). Advances in Respiratory Monitoring: A Comprehensive Review of Wearable and Remote Technologies. *Biosensors*, *14*(2), 90

2.Qadir, N., Sahetya, S., Munshi, L., Summers, C., Abrams, D., Beitler, J., ... & Fan, E. (2024). An update on management of adult patients with acute respiratory distress syndrome: an official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline. *American journal of respiratory and critical care medicine*, *209*(1), 24-36.

3.Arabi, Y., Arroliga, A., Bernard, G., Bersten, A., Brochard, L., Calfee, C., ... & Matthay, M. (2024). A New Global Definition of Acute Respiratory Distress Syndrome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, *209*(1).

4. El Madhoun, N., & Hammi, B. (2024, January). Blockchain technology in the healthcare sector: overview and security analysis. In *2024 IEEE 14th annual computing and communication workshop and conference (CCWC)* (pp. 0439-0446). IEEE.

5. 13. Kadakia, K. T., Ross, J. S., & Rathi, V. K. (2023). The Philips Respironics recall of ventilators and positive airway pressure machines—breakdowns in medical device surveillance. *JAMA Internal Medicine*, *183*(1), 5-8.

6. Umbrello, M., Formenti, P., & Chiumello, D. (2024). Acute Respiratory Distress Syndrome. *Oxford Textbook of Respiratory Critical Care*, 211.

7. Griffiths, M. J., McAuley, D. F., Perkins, G. D., Barrett, N., Blackwood, B., Boyle, A., ... & Baudouin, S. V. (2019). Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome. *BMJ open respiratory research*, *6*(1), e000420.

8. Rubulotta, F., Torra, L. B., Naidoo, K. D., Aboumarie, H. S., Mathivha, L. R., Asiri, A. Y., ... & Soussi, S. (2024). Mechanical Ventilation, Past, Present, and Future. *Anesthesia & Analgesia*, *138*(2), 308-325

9. Kam, P., & Power, I. (2020). *Principles of Physiology for the Anaesthetist*. CRC Press.

10. West, J. B. (2012). *Respiratory physiology: the essentials*. Lippincott Williams & Wilkins.

11. Islam, M. R., Rahman, M. M., Mahmud, M., Rahman, M. A., & Mohamad, M. H. S. (2021, August). A review on blockchain security issues and challenges. In *2021 IEEE 12th control and system graduate research colloquium (ICSGRC)* (pp. 227-232). IEEE.

12. Agbo, C. C., Mahmoud, Q. H., & Eklund, J. M. (2019, April). Blockchain technology in healthcare: a systematic review. In *Healthcare* (Vol. 7, No. 2, p. 56). MDPI.

13. Mishra, K. N., Bhattacharjee, V., Saket, S., & Mishra, S. P. (2024). Security provisions in smart edge computing devices using blockchain and machine learning algorithms: a novel approach. *Cluster Computing*, *27*(1), 27-52.