تحسينات تقنية بلوك تشين لعمليات الاسترجاع
تحليل للمفاهيم ونظام مقترح لاسترجاع المعلومات في المكتبات

إعداد
الباحثة/ سها السيد منصور السيد علوان
مدرس مساعد المكتبات والمعلومات – كلية الآداب – جامعة المنوفية

إشراف
الأستاذ الدكتور/ محمود عبدالكريم الجندي
أستاذ المكتبات والمعلومات ووكيل كلية الآداب لشئون الدراسات العليا والبحوث – جامعة المنوفية

إشراف مشارك
الدكتور/ طه نبيل الفرماوي
مدرس المكتبات والمعلومات – كلية الآداب – جامعة المنوفية

ملخص البحث:-

ناقش البحث بإيجاز أهمية تقنية بلوك تشين ودورها في تحسين الاسترجاع من خلال تحسين بيئة تخزين البيانات والميتاداتا وحل التحديات المتعلقة بها مثل المركزية والتتبع وأخيراً تحسين الاستعلام لاسترجاع البيانات، وجاءت أبرز نتائج البحث بأنه يمكن للمكتبات ومؤسسات المعلومات الإعتماد على تقنية بلوك تشين في بناء نظام استرجاع لامركزي (فهرس لامركزي) لاسترجاع المعلومات من خلاله ، إذ بإمكان تقنية بلوك تشين أن توفر المتطلبات الأساسية لبناء نظام إدارة للمكتبات وأيضاً نظام استرجاع للمعلومات يعتمد على خصائص وميزات شبكات بلوك تشين؛ واستخدم البحث المنهج الوصفي وأسلوب تحليل المحتوى لتحليل تطبيقات التقنية في جوانب الاسترجاع ومن ثم الخروج بإطار تطبيقي مبني على هذه التطبيقات.

وبناءً على هذه التحسينات قدم البحث تخطيطاً مقترحاً لنموذج نظام استرجاع في المكتبات ثلاثي الطبقات مبني على تقنية بلوك تشين وهذا تعزيزاً لتطور الاسترجاع في البيئة الرقمية للمعلومات؛ كما جاء الفصل كإطاراً تخطيطياً نظرياً لنموذج تجريبي لنظام إدارة واسترجاع مبني على تقنية بلوك تشين.

الكلمات المفتاحية:- بلوك تشين ، الاسترجاع ، المكتبات ، تطبيقات

Block-Chain Technology Improvements for Retrieval Processes: A Conceptual Analysis and a Proposed System for Information Retrieval in Libraries.

Research Summary:-

The research briefly discussed the importance of Blockchain technology and its role in improving retrieval by improving the storage environment for data and metadata and solving related challenges such as centralization, tracking, and finally improving query for data retrieval. (a decentralized index) to retrieve information through it, as Blockchain technology can provide the basic requirements for building a library management system as well as an information retrieval system based on the characteristics and features of Blockchain networks; The research used the descriptive approach and the method of content analysis to analyze the applications of technology in aspects of retrieval and then create an applied framework based on these applications.

Based on these improvements, the research presented a proposed planning for a three-layer library retrieval system model based on Blockchain technology, in order to enhance the development of retrieval in the information digital environment. The chapter also came as a theoretical schematic framework for an experimental model of a management and retrieval system based on Blockchain technology.

key words: Blockchain, retrieval, libraries, applications.

١. المقدمة: -

تعد المعلومات مورد حيوي لكافة العمليات في المؤسسات فإنه يجب إدارتها بفعالية تمامًا مثل أي مورد حيوي آخروخاصة أن التطور التكنولوجي السريع يعمل على تغيير كيفية إدارة المؤسسات لبيانات الأعمال المهمة عبر استرجاع المعلومات في الذكاء الاصطناعي.

وفي عصر التطور التكنولوجي السريع، لا تزال المكتبات ومراكز المعلومات تعمل جاهدةً في تزويد المستفيدين والباحثين بمصادر المعرفة الموثوقة، وذلك من خلال توفير نظامًا معرفيًا قويًا للبحث العلمي والبحث الأكاديمي وخدمات معلومات الشبكة والاسترجاع وغيرها، كما تركز محاولاتها وجهودها المحلية لتوفير خدمات معلومات بشكل أساسي على البيئة الرقمية ؛ ومع التطور المستمر لتكنولوجيا المعلومات كان لزاماً على المكتبات مواكبة هذه التطورات في الوقت المناسب لاسيما في مجال استرجاع المعلومات، اذ يتوقف نجاح وتميز المكتبات في الوقت الراهن على وجود نظام استرجاع قوي وذكي للمعلومات لتحقيق تنمية مستدامة أكثر ذكاءً، وكانت من هذه المحاولات لمواكبة التطورات التكنولوجية محاولة الاستفادة بشكل أمثل من تقنية بلوك تشين لبناء نظام مكتبة حديث ورقمي وذكي جنبًا إلى جنب مع احتياجات بناء المكتبات الذكية.

إذ تعد تقنية بلوك تشين واحدة من أحدث اتجاهات التكنولوجيا في المكتبات، فليس هناك جدال في أن البلوك تشين لها تطبيقات محتملة ممتازة في المكتبات الحديثة ، فهي في الأساس تقنية دفتر حسابات تستخدم تقنيات التشفير وخوارزميات الإجماع الموزعة للحصول على ميزات التتبع والثبات، واستفادت المكتبات من هذه الميزات في تنفيذ عمليات مختلفة مثل الحفاظ على المعلومات الموثوقة ومشاركتها ، ومنع قضايا حقوق النشر والمشاركة الرقمية من نظير إلى نظير وما إلى ذلك.

ويرى كلاً من (M.P.P, Suraweera, & Wadasinghe , 2021) أن تقنية بلوك تشين لديها القدرة على تحويل المكتبات من مجرد مكتبات رقمية إلى مكتبات ذكية، فقد صنفوا فوائد تقنية البلوك تشين للمكتبات في عمليات النشر العلمي ومنع السرقات الأدبية وإدارة الحقوق الرقمية وحفظ سجلات المكتبة وتنفيذ إجراءات الإعارة فضلاً عن نشر ومشاركة المعرفة بين المستخدمين والمؤلفين.

كما يرى (Omame & Alex-Nmecha, 2021) أن تقنية البلوك تشين تتناسب تماماً مع بيئة عمل المكتبات، حيث يدور عمل المكتبات في الأساس حول جمع المعلومات والحصول عليها ومعالجتها وتنظيمها وحفظها ومشاركتها ونشر معلومات موثوقة ذات مصداقية؛ وهو ما ستساعد به البلوك تشين في تحقيق هذا العمل من خلال اعتماد إدارة سلسلة التوريد الممكّنة لـ بلوك تشين لتحسين عمليات وخدمات المكتبة.

لذلك تقترح هذه الورقة نظام استرجاع لامركزي للمعلومات مبني على تقنية بلوك تشين استنادًا إلى الحافز لتحقيق الاسترداد الذكي للمعلومات في وجود المكتبات الذكية.

٢. ظاهرة البحث:-

يعتبر تخصص المكتبات والمعلومات من التخصصات التي تعمل باستمرار وجدية على دراسة كل ما هو جديد من التقنيات والتكنولوجيا والإستفادة منها واستثمارها في التطوير المستمر للتخصص وممارساته.
وتأتي تقنية بلوك تشين كظاهرة تقنيَة جديدة ورائدة شأنها شأن التقنيات الأخرى التي تعمل على تقديم حلول مختلفة ودقيقة لمشكلات عديدة وفي مختلف المجالات.
وبما تشير إليه الدراسات والآراء المتعددة حول فوائد تقنية بلوك تشين في مجال إدارة البيانات وتحسين البيانات الوصفية وتتبع البيانات ومشاركتها وغيرها من التطبيقات الهامة ، جاءت الحاجة إلى ضرورة الإجابة على التساول التالي كيف يمكن اعتماد تقنية بلوك تشين واستثمار فوائدها في حل مشكلات البيانات الوصفية وجودة الإسترجاع ؟ وهو ما يقف عليه البحث من توضيح إمكانية تطبيقها في تحسين جودة استرجاع المعلومات من خلال تحسين البيانات الوصفية وغيرها ، وأيضاً وضع إطار تطبيقي للتقنية في مجال استرجاع المعلومات.

٣. أهمية البحث:-

تتنوع أهمية البحث ما بين جانبين أساسيين هما تطبيقية ونظرية كالتالي:
الأهمية النظرية للبحث تتمثل في بحث وتوضيح الدور الذي تقدمه تقنية بلوك تشين في تحسين وزيادة كفاءة استرجاع المعلومات في ظل البيئة الرقمية وبيئة الإنترنت ، من خلال العمل على تكامل البيانات المسترجعة وربطها وزيادة معدلات الإسترجاع نتيجة اللامركزية في الوصول والإتاحة والتي سوف توفره تقنية بلوك تشين في بيئة الإسترجاع الرقمية ، أيضاً أهميتها في ضمان الإسترجاع الآمن للبيانات بالإضافة إلى أمان وخصوصية الإتاحة.
كما تستمد الدراسة أهميتها أيضاً من الدور الذي تقدمه تقنية بلوك تشين في تحسين البيانات الوصفية للمصادر Metadata ، والتي تؤدي جودتها إلى جودة اكتشاف المحتوى وتقديم تسهيلات البحث والإسترجاع، وايضاً جودة ما يقدم من معلومات ومعرفة تتصف بالثبات والثقة والمصداقية.
أما عن الجانب التطبيقي فيتمثل في تقديم إطار تجريبي أو تطبيقي لتطبيق التقنية في استرجاع المعلومات في المكتبات من خلال التخطيط لنموذج نظام استرجاع مبني على تقنية بلوك تشين.

٤. أهداف البحث:-

يهدف البحث إلى:-

١. دراسة وتحليل تحسينات تقنية بلوك تشين في مجال استرجاع المعلومات.
٢. توضيح مشكلات البيانات الوصفية (الميتاداتا) في الوقت الراهن.
٣. الوقوف على الدور الذي تلعبه تقنية بلوك تشين في تحسين البيانات الوصفية (الميتاداتا) والفهرسة.
٤. تحديد أهمية تقنية بلوك تشين في تحسين الاستعلام عن المعلومات وأثر ذلك على تحسين جودة وكفاءة الاسترجاع.
٥. تقديم مقترح نظام استرجاع في المكتبات بالإعتماد على تقنية بلوك تشين.

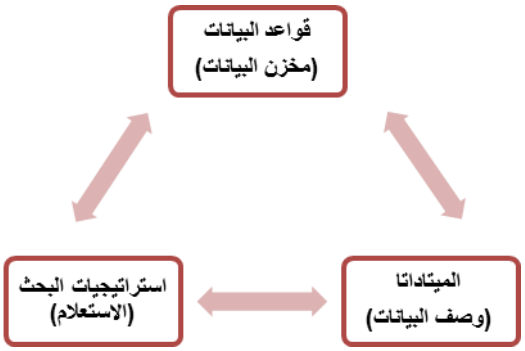
٥. منهج البحث:-

يعتمد البحث على المنهج الوصفي وأسلوب البحث الوثائقي[١] وتحليل المحتوى وذلك لوصف وتحليل تطبيقات تقنية بلوك تشين في استرجاع المعلومات ومن ثم الخروج بإطار تطبيقي مقترح لتطبيق التقنية في مجال استرجاع المعلومات في المكتبات.

٦. متن البحث:-

١/٦. مكونات نظام استرجاع المعلومات:-

إن عمليات استرجاع المعلومات والبيانات داخل أي نظام استرجاع مبنية على ثلاث أعمدة رئيسية يمكن إطلاق مصطلح اضلاع مثلث الاسترجاع عليها وهي قواعد البيانات (مخزن البيانات)، والميتاداتا (وصف البيانات)، واستراتيجيات البحث (الاستعلام) بالاعتماد على البيانات الوصفية للبحث داخل قواعد البيانات.



شكل رقم (١) مكونات نظام استرجاع المعلومات – من تصميم الباحثة

[١] الجندي، محمود عبدالكريم. مناهج البحث في مقالات دوريات المكتبات والمعلومات العربية: دراسة تحليلية، مجلة مكتبة الملك فهد الوطنية ،مج١٨، ع٢، (نوفمبر ٢٠١٢)؛ ص ص ٢٩٣ – ٣٥٠.

وعليه يضيف (Sharma, Rohit, 2022) أن المتطلبات الأساسية لنظام الاسترجاع المتطور تتمثل في مجموعة المستندات التي يشتمل عليها النظام بأي تنسيق كان والتي تخزن في قواعد البيانات ، نظام الفهرسة لفهرسة وبحث الإجراءات والعمليات ، مجموعة الاستعلامات التي تعمل كمدخل للنظام وأخيراً مقياس تقييم لقياس أو تقييم لفعالية النظام مثل الدقة وسرعة الاسترجاع وغيرها.[٢]

٢/٦. مراحل استرجاع المعلومات:-

وبناءً على ما سبق فإن مراحل عملية استرجاع المعلومات تتمثل في عدة خطوات كالتالي:-

- **أولاً:- التزويد Acquisition**

يقوم نظام الاسترجاع Information retrieval (IR) على الشبكة باستيراد المستندات ومعلومات الوسائط المتعددة من مجموعة متنوعة من موارد الويب، يتم تجميع هذه البيانات بواسطة برامج زحف الويب وإرسالها إلى أنظمة تخزين قواعد البيانات.

- **ثانياً:- التمثيل Representation**

ثم بعد ذلك يتم فرز المفردات التي تم جمعها وتتم فهرسة مصطلحات النص الحر ، سواء باستخدام الإجراءات الآلية أو اليدوية، مثل اعداد ملخص المستند والوصف الببليوغرافي من تفاصيل العنوان أو المؤلفين أو غيرها من البيانات الببليوجرافيه الأخرى.

- **ثالثاً:- تنظيم الملفات File Organize**

ويتم تنظيم الملفات بإحدى طريقتين متسلسلة أو مقلوبة، ويتضمن تنظيم الملف المتسلسل البيانات الواردة في المستند بينما يتألف الملف المقلوب من قائمة السجلات أو المعاملات على الملف.

- **رابعاً:- الاستعلام Query**

ويمثل الاستعلام في نظام استرجاع المعلومات - والذي يعبر عن استفسارات المستخدم - إما بيانات رسمية (مقننة) أوغير رسمية (اللغة الحرة للوثائق) ولكنها في الأخير تسلط الضوء على المعلومات المطلوبة، كما أن الاستعلام لا يعد مؤشراً على

---

[٢] Sharma, Rohit, (22/9/2022). Information Retrieval System Explained: Types, Comparison & Components, https://www.upgrad.com/blog/information-retrieval-system-explained/(27/10/2022).

كائن واحد في نظام قاعدة البيانات ولكن يمكن أن يشير إلى عدة كائنات أيهما يطابق الاستعلام وعليه فقد تختلف درجات صلتها بالموضوع.

٣/٦. تقنية بلوك تشين ودورها في استرجاع المعلومات:-

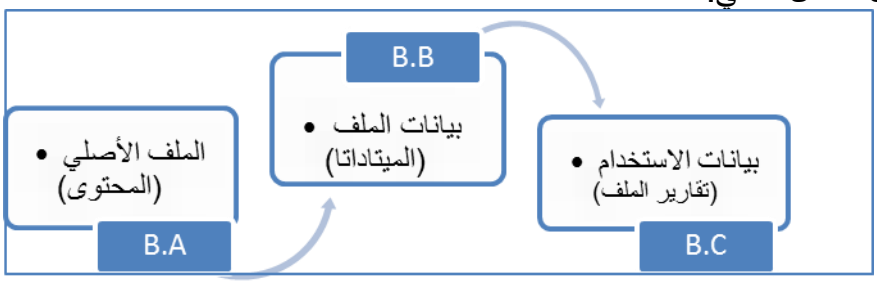
وكما لعبت تقنية بلوك تشين دوراً حيوياً في تطور فعالية وجودة عمليات إدارة البيانات داخل المؤسسات ، تلعب أيضاً دوراً هاماً في مراحل استرجاعها ينبغي أن نسلط الضوء عليه، وذلك من خلال ما تقدمه من تحسين في عمليات ومتطلبات الاسترجاع داخل نظام الاسترجاع؛ فهي تلعب دوراً في عمليات تجميع البيانات والملفات والمعلومات وأيضاً وصف وتمثيل الملفات من خلال الميتاداتا ولا تغفل تحسين تنظيم الملفات وأخيراً دوراً في تحسين الاستعلام.

١/٣/٦. تخزين الملفات واسترجاعها باستخدام تقنية بلوك تشين:-

يمكن أن توفر تقنية بلوك تشين منصة تخزين بيانات جديرة بالثقة وموازية لنظام برمجيات كبير، فهي كقاعدة بيانات تقوم بتخزين المعلومات إلكترونيًا بتنسيق رقمي.[٣]

وتعتمد بلوك تشين في تخزين البيانات على تقنية دفترالمعاملات الموزع Distributed Ledger Technology (DLT) والتي تعمل كقاعدة بيانات لامركزية للمعلومات حول المعاملات بين مختلف الأطراف، إذ تملأ العمليات التي تتم على المعاملات قاعدة DLT بترتيب زمني متسلسل ويتم تخزينها في دفتر الأستاذ كسلسلة من الكتل، وعليه يتم تكوين سلسلة مترابطة بين الكتل تشير كل واحدة إلى الكتلة التي تسبقها، وبالتالي يتم إنشاء سلسلة الكتل - بلوك تشين - .[٤]

ويمكن وضع تصور سلسلة الكتل لتخزين ملف أو مستند ما على بلوك تشين من خلال الشكل التالي:-



شكل رقم (٢) سلسلة الكتل لملف أو لمستند ما – File Blockchain – من تصميم الباحثة

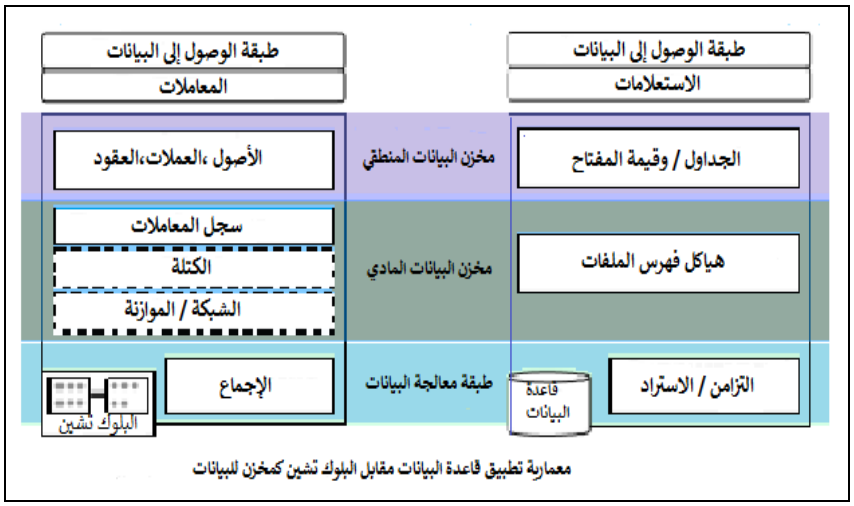
[3]) Blockchain and reference data management: https://www.apgar.fr/en/conseils-mdm/blockchain-and-reference-data-management/.

[4]) TechTarget Contributor. (2021). blockchain storage, https://searchstorage.techtarget.com/definition/blockchain-storage.

وهكذا إلى ما لا نهاية من سلسلة المعاملات التي تتم على المعاملة الواحدة والتي يتم حفظها وربطها بالكتلة التي تسبقها.

كما تعتمد بلوك تشين في تخزين الملفات على تخزين تجزئات الملفات ككتل متعددة ومترابطة بدلاً من تخزين الملف ككتلة واحدة، وعليه فإن قاعدة بيانات بلوك تشين تتكون من عدة طبقات تمثل كل طبقة منها فئة معينة من البيانات عن الملفات[٥] ، وتتمثل طبقات التخزين هذه في:-

- طبقة مخزن البيانات المنطقي: - ويضم المعاملات الأولية للمستخدمين سواء كانت أصول رقمية أو عقود ذكية أو عملات.
- طبقة مخزن البيانات المادي: - وهي البيانات المستخدمة لوصف الكيانات داخل بلوك تشين.
- طبقة الوصول إلى البيانات.
- طبقة معالجة البيانات.



شكل رقم (٣) - قاعدة بيانات التخزين الخاصة ببلوك تشين وطبقاتها – إعداد الباحثة

وتعتبر عملية نقل ومشاركة الملفات من التطبيقات الواعدة لتقنية بلوك تشين بما تشتمل عليه من التخزين والاسترجاع، والذي يمكن تنفيذه باستخدام شبكة نظير إلى نظير وجدول التجزئة الموزع (تقنية بلوك تشين).

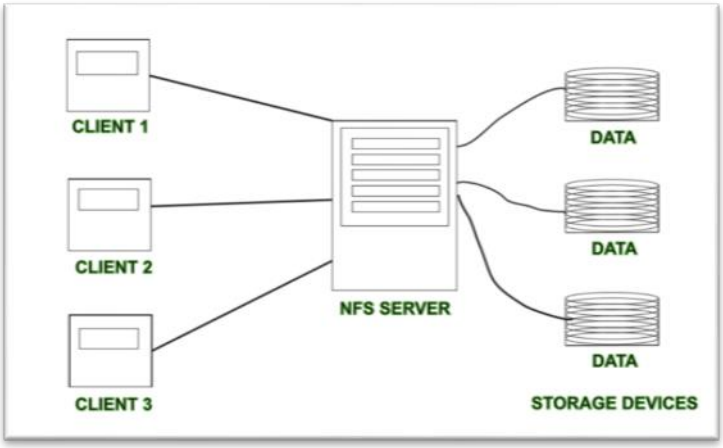
[5]) (PAIK, H.-Y., XU, X., BANDARA, H. D., LEE, S. U., & LO, S. K. (2019). Analysis of Data Management in Blockchain-based Systems: From Architecture to Governance. IEEE Access, p.3.

١/١/٣/٦. تقنيات التخزين التي تعتمد عليها بلوك تشين:-

وتعتمد بلوك تشين على عدد من التقنيات الرئيسية التي تستند عليها في عمليات تخزين الملفات واستردادها معاً والتي يمكن عرضها كالتالي:-

نظام الملفات الموزع Distributed File System (تخزين البيانات في نظام ملفات موزع بالإعتماد على تقنية بلوك تشين):-

يعمل هذا النظام على تقسيم البيانات وتوزيع تخزينها على عقد متعددة لأجهزة متعددة، مما يجعل تخزين البيانات والملفات أكثر موثوقية وأمان ، إذ يمكن للمستخدم استيراد (استرجاع) البيانات حتى عند تعطل عقدة أو أكثر من الشبكة حيث يقوم بنسخ البيانات على عدة عقد مما يزيد من عملية توفر البيانات ، كما يمكن النظام من عمليات استرداد البيانات واسترجاعها للمستخدمين المصرح لهم فقط تخزين البيانات مما يزيد من أمانها وموثوقيتها.[٦] ، والشكل التالي يوضح تخزين الملفات على DFS [٧]



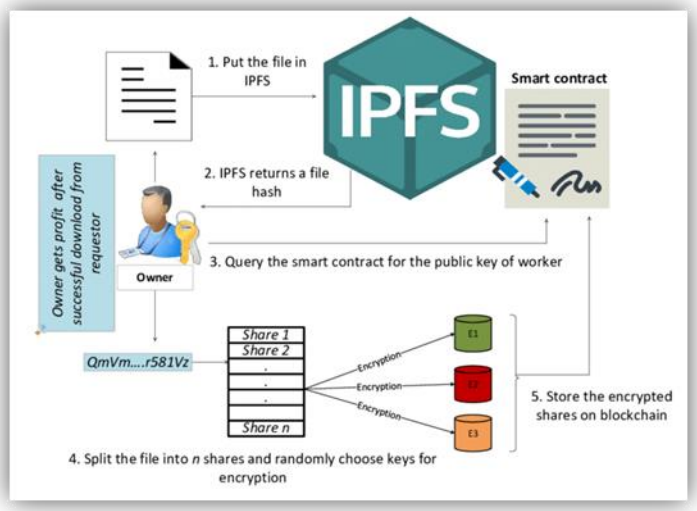
شكل رقم (٤) - تخزين الملفات بنظام الملفات الموزع

[٦] Ranka, Y., Bagrecha, J., Gandhi, K., Sarvaria, B., & Chawan, P. (2018). A Survey on File Storage & Retrieval using Blockchain Technology. International Research Journal of Engineering and Technology, p.763 - 766 .

[٧] yambadwar, snigdha.(2023). What is DFS (Distributed File System)?, https://www.geeksforgeeks.org/what-is-dfsdistributed-file-system/ ,11/4/2023.

نظام الملفات المتبادلة Inter-Planetary File System :-

هو في الأساس نظام ملفات يسمح بتخزين الملفات وتتبع إصدارات الملفات بمرور الوقت على شبكة موزعة إلى حد ما، كما يسمح نظام التخزين هذا بالتفاعل المباشر من خلال شبكة نظير إلى نظير آمنة وعالمية ؛ فمن خلال الجمع بين هاتين الخاصيتين يتيح نظام الملفات بين الكواكب شبكة ويب جديدة دائمة ويعزز الطريقة التي نستخدم بها بروتوكولات الإنترنت الحالية مثل HTTP.[٨]

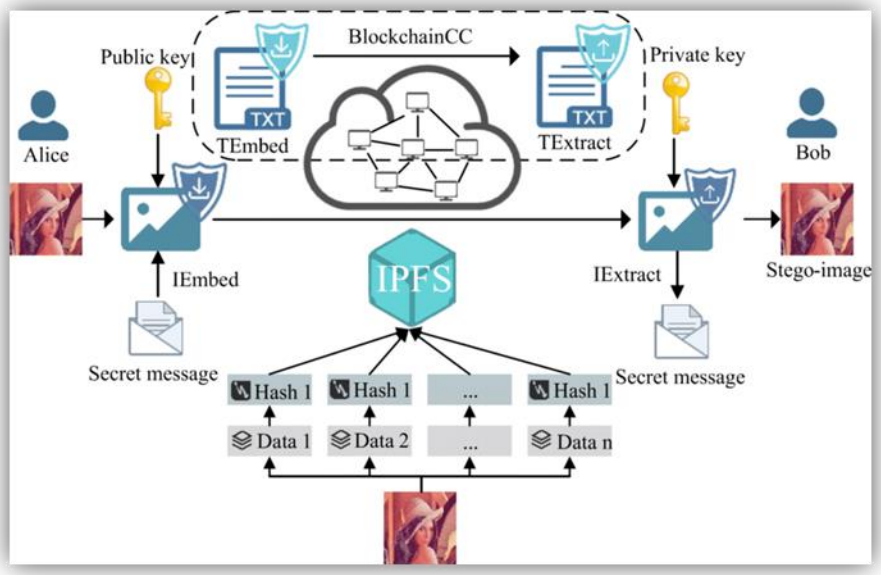


شكل رقم (٤) ـ تخزين الملفات بنظام الملفات المتبادلة[٩]

كما يُمكن نظام التخزين IPFS لأي مستخدم في الشبكة أن يخدم الملف عن طريق عنوان المحتوى الخاص به ويمكن لأقرانهم في الشبكة أن يجدوا ويطلبوا هذا المحتوى واستخدامه.

[8]) Icommunity. What is IFPS? The hard drive for Blockchain, https://icommunity.io/en/what-is-ifps-the-hard-drive-for-blockchain/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ar&_x_tr_hl=ar&_x_tr_pto=sc (28/10/2022).

[9]**IPFS (2022),** https://rattibha.com/thread/1492059762665693210 **, (11/4/2023).**



شكل رقم (٥) ـ تبادل المحتوى على نظام الملفات المتبادلة[١٠]

٢/١/٣/٦. تحسين الاسترجاع بالإعتماد على تقنيات تخزين بلوك تشين:-

اعتمدت التقنيات السابقة ليس فقط طرق محسنه للتخزين ولكن جعلت من استيراد (استرجاع) البيانات والملفات المخزنة بها أمراً سهلاً ومؤمناً وذلك عن طريق استخدام إطار عمل يسمى Multichain في نقل واستيراد الملفات اللامركزية، وهو نظام خاص بنقل الملفات يعتمد على تشفير الملفات.

فبمجرد تجزئة الملف لتخزينه يتم تشفيره باستخدام معيار التشفير والمفتاح العام ثم يتم تجزئة الملف المشفر إلى كتل ذات حجم ثابت ثم تشفيرها أيضاً باستخدام خوارزمية ترميز تسمى Hex ثم يتم تخزين الأجزاء المشفرة والمفتاح العام على بلوك تشين خاص ؛ وبمجرد تسجيل التجزئات المشفرة للملف على بلوك تشين الخاص يمكن لمالك الملف بعد ذلك أن يقرر منح امتياز الوصول (الاسترجاع) إلى العديد من المستخدمين الآخرين باستخدام بروتوكول المراسلة والذي يُمَكن المستخدمين من فك تشفير الملف المشفر ومن ثم الوصول إليه وتنزيله.[١١]

---

[10]) **previous reference .(2022).**

[11]) Ranka, Y., Bagrecha, J., Gandhi, K., Sarvaria, B., & Chawan, P. (2018). A Survey on File Storage & Retrieval using Blockchain Technology. International Research Journal of Engineering and Technology, p. 764, 765.

٢/٣/٦. الفهرسة والميتاداتا في بلوك تشين:-

تقوم بلوك تشين كقاعدة بيانات لامركزية بتخزين كميات هائلة من سجلات بيانات المعاملات المختلفة والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تصنيفها وتنظيمها لتسهيل البحث عنها والعثور عليها عند استرجاعها، عليه تزداد الحاجة إلى وجود استعلامات خاصة للبحث عن تلك البيانات ذات الطبيعة الموزعة المخزنة على بلوك تشين ومن ثم تسريع الوصول إليها، لذلك كانت ضرورة فهرسة بيانات بلوك تشين لبناء الاستعلامات الخاصة بها؛ وتعتمد بلوك تشين على آلية فهرسة محددة يطلق عليها بروتوكول فهرسة بلوك تشين.

١/٢/٣/٦. بروتوكول فهرسة بلوك تشين (BIP) Blockchain Indexing Protocol :-

"هو آلية فهرسة موزعة (لامركزية) لتنظيم بيانات بلوك تشين، يتم استخدام هذا البروتوكول من قبل التطبيقات للاستعلام عن واجهات برمجة التطبيقات المفتوحة من أجل الحصول على البيانات التي تمت فهرستها على شبكات بلوك تشين؛ ويستخدم المطورون بروتوكول فهرسة بلوك تشين لإنشاء تطبيقات بدون خادم تعمل فقط على البنية التحتية العامة؛ يتيح هذا البروتوكول الاستعلام عن البيانات التي لا يمكن الوصول إليها بطريقة مباشرة.، كما ينظم جميع البيانات الموجودة على بلوك تشين مما يسمح للمطورين بإجراء عمليات الواجهة الأمامية بشكل أكثر فعالية".[١٢]

ويعتمد بروتوكول فهرسة بلوك تشين على عدة أدوات هامة للفهرسة لعل أبرزها أداة الرسم البياني أو ما تعرف باسم The Graph، وهي أداة تستخدم لتحديد البيانات التي تستخدم للإستعلام تماماً مثل أدوات الفهرسة الأخرى التي يمكن أن تعتمد عليها قواعد البيانات المركزية التقليدية.

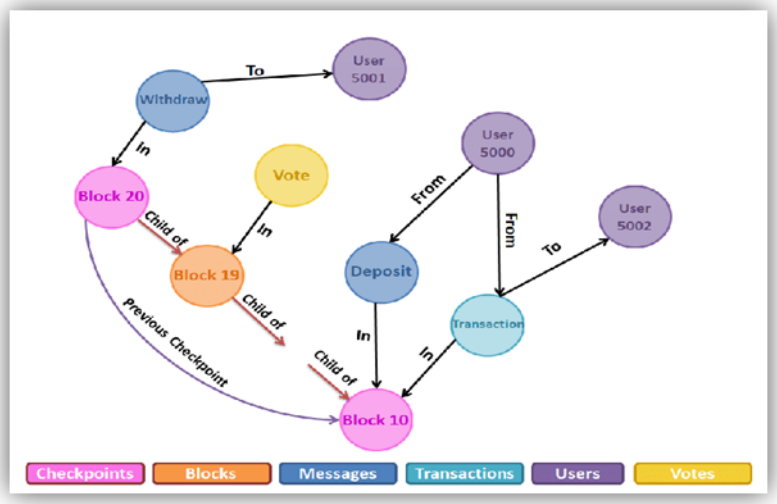
الرسم البياني The Graph هو بروتوكول لامركزي لفهرسة وتنظيم البيانات والاستعلام عنها من بلوك تشين، والذي يجعل من الممكن الاستعلام عن البيانات التي يصعب الاستعلام عنها مباشرة، ويستخدم البروتوكول لغة استعلام خاصة به تعرف ب Graph-QL للاستعلام عن واجهات برمجة التطبيقات المفتوحة التي تسمى الرسوم البيانية الفرعية ، لاسترداد البيانات المفهرسة على الشبكة.

وتتم عملية الفهرسة في قواعد بيانات بلوك تشين من خلال المفهرسون الذين يشاركون في انشاء رموز الرسم البياني من أجل توفير خدمات الفهرسة ومعالجة الاستعلام، ويحدد المفهرسون الرسوم البيانية الفرعية للفهرسة بناءً على إشارة تنظيم الرسم البياني الفرعي ، حيث يشارك القائمون على رموز الرسم البياني للإشارة إلى

---

[12]) Takyar, Akash. (2022). An Overview of Blockchain Indexing Protocol, https://www.leewayhertz.com/blockchain-indexing-protocol/ , (1/11/2022).

الرسوم البيانية الفرعية عالية الجودة ويجب أن تكون ذات أولوية؛ كما يمكن للمستخدمين أيضاً (مثل التطبيقات) تعيين المعلمات التي يقوم المفهرسون بمعالجة الاستعلامات الخاصة بها من أجل الرسوم البيانية الفرعية وتعيين التفضيلات لدقة انشاء الاستعلام.[١٣]



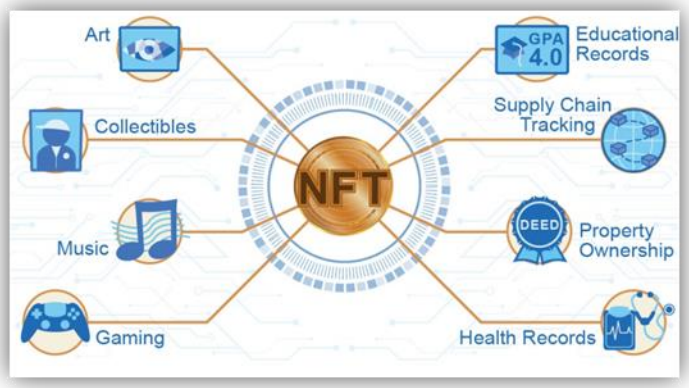
شكل رقم (٦) - [١٤] Blockchain-database-Graph-Model

٢/٢/٣/٦. ميتاداتا بلوك تشين:-

تمثل ميتاداتا بلوك تشين بأنها مجموعة البيانات أو الرموز الوصفية التي تصف بيانات بلوك تشين المخزنة في قواعد البيانات الخاصه بالشكبة، ويتم تعريف ميتاداتا بلوك تشبن بما يسمى الرموز غير القابلة للتلف (Non-Fungible Tokens NFTs) والتي تعبر عن التمثيلات الرقمية القابلة للتحديد الفردي (الفريدة) للكائنات الملموسة أو غير الملموسة القائم تخزينها على بلوك تشين، وعليه يتم تمثيل البيانات الوصفية المنظمة المتعلقة بالأشياء الفعلية أو الافتراضية في بلوك تشين بواسطة NFTs.

[13]) The Graph Network. Indexing. https://thegraph.com/docs/en/network/indexing/ , (1/11/2022).

[14] **) A Graph Model Based Blockchain Implementation for Increasing .(2023)ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Blockchain-database-Graph-Model_fig2.**



شكل رقم (٧) - Non-Fungible Tokens [١٥]

تعبر NFTs عن أي تفاصيل يرى مؤلفها أنها مهمة في البيانات الوصفية الخاصة ببيانات بلوك تشين ، وهي بيانات توفر معلومات حول البيانات الأخرى بالإضافة إلى ذلك غالبًا ما يتم ربطها بالصور والأصول الرقمية "الأساسية" الأخرى المرتبطة بالمستند أو الملف والتي تعطي NFTs قيمتها كبيانات وصفية.

وقد نشأت NFTs من النظام البيئي Ethereum ويعتبر ERC-721 أول معيار رسمي لـ NFTs القابلة للتشغيل البيني ليتم تبنيها بشكل عام والتي تحدد البيانات الأولية، ويتم ذلك باستخدام تنسيق JSON القياسي (JavaScript Object Notation) وهو التنسيق الأكثر شيوعًا لبيانات تعريف NFTs وليس له قيود على بنية البيانات لأنه تنسيق خفيف الوزن.[١٦]

يحتوي كل ERC-721 على سلسلة "بيانات وصفية" في تعريفها ، والتي تحدد ما هو الرمز المميز غير القابل للاستبدال ، كما يشير كل NFT إلى الملف المرئي أو السمعي (صورة ، صوت ، إلخ) الموجود على الإنترنت في مكان ما، والذي يقوم بإرجاع المحتوى لإستخدامه وعادةً ما تشير NFTs إلى تجزئة IPFS نظام الملفات

[15]) **GAO-22-105990. (2022). Science & Tech Spotlight:Non-Fungible Tokens (NFTs),** https://www.gao.gov/products/gao-22-105990 **,(12/4/2023).**

[16]) SINGH, JAGJIT, (JUL 21, 2022), HOW TO FIND YOUR NFT'S METADATA?, HTTPS://COINTELEGRAPH.COM/NEWS/HOW-TO-FIND-YOUR-NFT-S-METADATA?_X_TR_SL=EN&_X_TR_TL=AR&_X_TR_HL=AR&_X_TR_PTO=SC, (2/11/2022).

المترابط – وهو النظام المستخدم لحفظ وتخزين البيانات الوصفية – أو عنوان HTTP URL في مكان ما على الإنترنت.[١٧]

إذ يتم إرجاع البيانات الوصفية المخزنة على شبكة IPFS إلى العقد الذكي كتجزئة ويتم تثبيتها في البروتوكول ثم يتم تسجيل عنوان URL الناتج في تخزين عقد ذاتي التنفيذ وربطه بمعرف الرمز المميز ذي الصلة، وعليه يتحول عنوان URL نفسه إلى كائن JSON على الويب بهيكل واضح ومجموعة من الخصائص والذي يحتاج إلى حقول محددة مثل الاسم والوصف والصورة وأحيانًا معلومات أكثر دقة مثل العرض الإجمالي للمشروع ونوع التشفير والتوقيع الفريد... وغيرها وذلك لإظهار المحتوى بشكل صحيح عند دمجه مع متغييرات كثيرة.

٣/٢/٣/٦. مشكلات البيانات الوصفية :-

تحدد البيانات الوصفية جميع الأطراف المشاركة في ملكية وانشاء المحتوى، وتتغير معايير البيانات الوصفية وعملياتها وأنظمتها لتلبي احتياجات وتوقعات المعلومات في القرن الحادي والعشرين؛ ومع ذلك هناك نوعان من القيود الهامة على ممارسات إنشاء وتعديل البيانات الوصفية الحالية التي لم تتم معالجتها وهي المركزية وعدم إمكانية التتبع.

فعلى الرغم من وجود مصادر أخرى لإتاحة ونشرسجلات البيانات الوصفية بما في ذلك مشروع المكتبة المفتوحة ، فإن المكتبة الرقمية على الإنترنت أو ما تعرف ب (OCLC) تعد أكبر وأشمل قاعدة بيانات وصفية تضم أكثر من ٤٢٣ مليون سجل والتي يقدمها مركز مكتبة الكمبيوتر على الإنترنت، وقد تطورت OCLC إلى عملية شديدة المركزية تتطلب رسومًا للأعضاء للحفاظ على بنيتها التحتية ، كما تقوم OCLC أيضًا بتقييد بعض الأعضاء من تحرير السجلات التي يساهم بها أعضاء آخرون.[١٨]

القيد المهم الآخر لممارسات الفهرسة الحالية لدينا هو الافتقار إلى إمكانية تتبع تغييرات البيانات الوصفية، ويتتبع OCLC إنشاء السجلات والتغييرات من خلال إضافة رمز OCLC الخاص بالمؤسسة إلى حقل MARC٠٤٠ ولكن يشير هذا الرمز فقط إلى المؤسسة التي أنشأت السجل أو قامت بتحريره ، وليس التغييرات المحددة التي أجروها على السجل ، كما يسجل OCLC أيضًا تاريخ الإنشاء وتاريخ الاستبدال في كل سجل ، ولكن قد يحصل السجل على تعديلات متعددة بين هذين

[17]) Pastel network, (December 8, 2021). What is NFT Metadata & How Does? , https://pastel.network/what-exactly-is-nft-metadata/ , (2/11/2022).

[18]) Rubel, D. (2019, JUNE). No Need to Ask: Creating Permissionless Blockchains of Metadata Records . INFORMATION TECHNOLOGY AND LIBRARIES , p. 1

التاريخين ويعد تسجيل تفاصيل كل تغيير داخل أحد السجلات أن يساعد محرري البيانات الوصفية في المستقبل على فهم من قام بإجراء تغييرات معينة وربما سبب إجرائها كما سيؤدي الحصول على هذه التفاصيل أيضًا إلى التخفيف من المخاوف بشأن احتمال حذف البيانات الوصفية لأن كل مسند سيظل مسجلاً حتى لو لم يعد جزءًا من السجل النشط.[١٩]

٤/٢/٣/٦. تقنية بلوك تشين وتحسين الفهرسة والميتاداتا :-

تستطيع تقنية بلوك تشين التغلب على تحديات الفهرسة والميتاداتا الأساسية ، ففي عمليات الفهرسة يتم فهرسة الملفات بناءً على متطلبات واحتياجات استرجاعها فيما بعد ليس فقط لمجرد حفظ بيانات الملفات والكيانات المخزنة على الشبكة.
وفيما يتعلق بتحديات المركزية وعدم إمكانية التتبع الخاصة بالبيانات الوصفية، فكما وضحنا عالياً يتم تخزين ميتاداتا بلوك تشين (NFTs) بنظام الملفات المترابط IPFS وهو نظام نظير إلى نظير يتم استخدامه لحفظ وتخزين ملفات وبيانات بلوك تشين المختلفة كما أنه نوع خاص من أنظمة الملفات يسمح بإنشاء معرفات خاصة بالمحتوى content ID (CID) لكل ملف محفوظ على الشبكة.
بالإضافة إلى ذلك هناك ما يطلق عليه NFTs-Storage وهو مجاني تماماً ومخصص لتخزين NFTs بواسطة IPFS ويمكن لأي مستخدم استخدامه في حفظ وتحميل بياناته الوصفية والحفاظ عليها على المدى الطويل الأمر الذي يلغي تماماً مركزية التحكم في البيانات الوصفية لجهة محددة دون غيرها.
أما عن تتبع البيانات الوصفية وتعديلاتها فكما عرضنا أيضاً لنظام حفظ بلوك تشين الذي يستخدم لتخزين وحفظ البيانات والملفات، فإنه يتيح ويسمح بتتبع إصدارات الملفات بمرور الوقت على الشبكة وعليه يمكن تتبع أي تغييرات أو تعديلات على البيانات الوصفية للكيانات مثل تغيرعنوان URL أو معرفات المحتوى وغيرها والتي تمثل أساس الوصول للمحتوى على شبكة الإنترنت أو شبكة بلوك تشين.

٣/٣/٦. استعلام بلوك تشين:-

١/٣/٣/٦. بناء الاستعلام في بلوك تشين:-

يعتمد بناء استعلامات بلوك تشين على بروتوكول الفهرسة الخاص بها ومرتبط بها، فكما تستخدم بلوك تشين أداة الرسم البياني The Graph كأداة أساسية لفهرسة وتصنيف البيانات المخزنة عليها ، أيضاً تعتمد التطبيقات المستخدمة لها على لغة

[19]) Rubel, D. (2019, JUNE) .No Need to Ask The previous reference, p. ٢.

استعلام Graph-QL للاستعلام عن واجهات برمجة التطبيقات المفتوحة التي تسمى الرسوم البيانية الفرعية Sub-Graph ، لاسترداد البيانات المفهرسة على الشبكة.
كما تم انشاء لغة استعلام Ethereum Query Language (EQL) وهي لغة استعلام مائية مصممة للحصول على المعلومات من شبكة بلوك تشين وتتيح للمستخدمين استرداد المعلومات من الشبكة بوجه عام عن طريق كتابة استعلامات تشبه SQL.

٢/٣/٣/٦. تحسين الاستعلام من خلال بلوك تشين:-

فكما وضحنا عالياً نرى أن تقنية بلوك تشين تقدم العديد من حالات الاستخدام الإضافية المثيرة للاهتمام للاستعلامات إدارة البيانات الداخلية، ففي بلوك تشين يتم إلحاق البيانات فقط مما يؤدي إلى إنشاء سجل بيانات بلوك تشين مما يوفر ذلك المراجعات المختلفة للبيانات، إذ يتيح ذلك إمكانية الاستعلام عن تاريخ البيانات لتحليلات المصدر ، على عكس قاعدة البيانات التقليدية حيث يتم تعديل البيانات في مكانها بما يعني أنه لا يوجد سجل بيانات موجود أصلاً للاستعلام.[٢٠]
كما تقدم بلوك تشين فئتين من لغات الاستعلام الخاصة بها أحدهما تستخدم لاستعلامات شبكة بلوك تشين العامة (EQL) والأخرى تستخدم لاستعلامات شبكة بلوك تشين الخاصة Graph-QL، الأمر الذي يجعل من السهل التمييز بين استعلامات المستخدمين المسجلين على الشبكة واستعلامات المستخدمين للشبكة بوجه عام وعليه اتاحة الوصول للمعلومات والبيانات بمستويات مختلفة ومتعددة وفقاً لصلاحيات الوصول لكل مستخدم

٤/٦. مخطط نظام استرجاع للمكتبات بالإعتماد على تقنية بلوك تشين:-

من خلال ما سبق عرضه وتحليله تمثل تقنية بلوك تشين أداة ربط قوية بين مكونات نظام الاسترجاع، إذ تلعب دوراً مميزاً في تحسين وزيادة كفاءة كلاً من التخزين والميتاداتا والاستعلام وبناءً عليه تحسين الاسترجاع للبيانات والمعلومات؛ وفي هذا العنصر نقدم تصور مقترح لتخطيط مبدئي لبناء نظام استرجاع لامركزي في المكتبات يعتمد على بلوك تشين، ويعتمد النظام في تكوينه على الجوانب أو المكونات الأساسية الثلاثة للنظام وهي (التخزين، الفهرسة، والاستعلام) مستثمراً في ذلك الخصائص الفريدة لتقنية بلوك تشين كشبكة لامركزية لتخزين وتنظيم واسترداد البيانات، إذ يتكون النظام من ثلاث طبقات أساسية تنطوي كل طبقة على عقد محددة خاصة بها كالتالي:-

[20]) Przytarski , D., Stach , C., Gritti , C., & Mitschang , B. (2022). Query Processing in Blockchain Systems: Current State and Future Challenges. Future Internet , 31.p.2-31.

٦/٤/١. طبقات تكوين النظام المقترح:-

طبقة التخزين	تضم ثلاث عقد (الإدخال – الإجماع – التجزئة)
طبقة الفهرسة	تضم ثلاث عقد (البيانات الأساسية – البيانات الوصفية – بيانات الاستخدام)
طبقة الاستعلام	تضم ثلاث عقد (التشفير العام –التشفير الخاص- الكونسورتيوم)

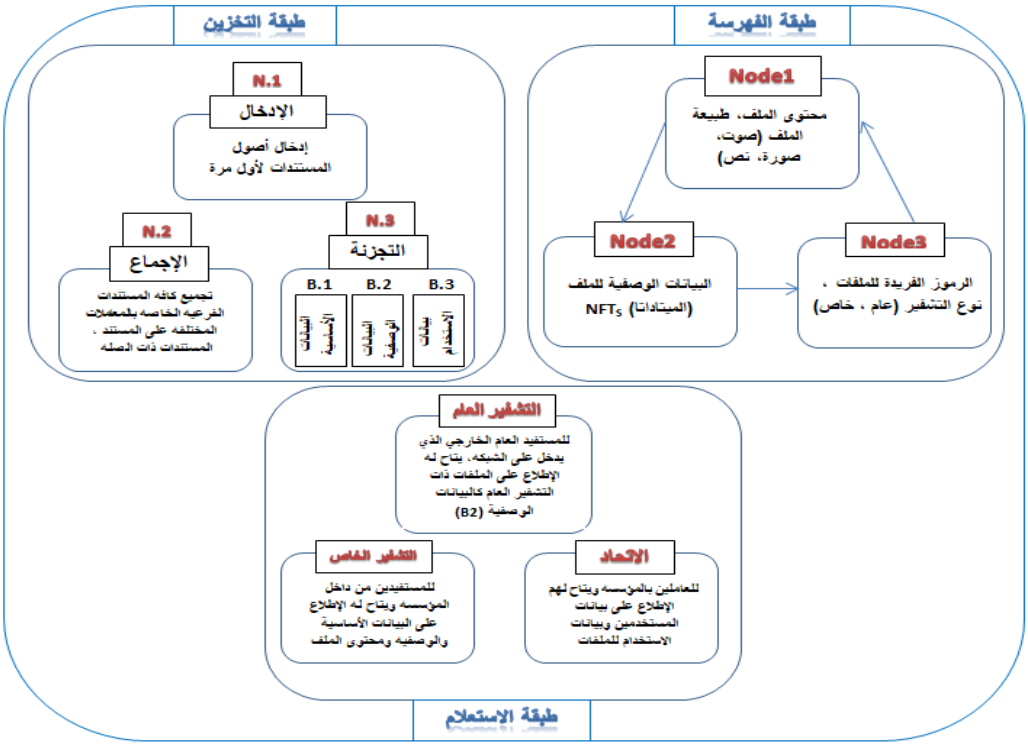
الطبقة الأولى (طبقة التخزين):- ويتم فيها تخزين كافة البيانات وتضم ثلاث عقد للتخزين تبدأ بعقدة الإدخال والتي يتم فيها تسجيل المستند للمرة الأولى والمستندات الفرعية المرتبطة به، وتليها عقدة الإجماع ويتم فيها تجميع كافة المستندات الخاصة بالمعاملات والإجراءات التي تتم على المستند، وأخيراً عقدة التجزئة والتي يتم فيها تجزئة الملفات بعد تصنيفها وتنظيمها في كتل متعددة ومتسلسلة تبعاً للإجراءات المختلفة التي تتم على المستند وتكوين سلسلة الكتل لكل مستند تمهيداً للمرحلة التالية وهي فهرسة بيانات كتل الملفات.

الطبقة الثانية (طبقة الفهرسة):- وهي المسئولة عن انشاء الميتاداتا للملفات االخاصة بكل مستند والتي تم تجزئتها وتخزينها وتضم طبقة الفهرسة ثلاث عقد كل عقدة مسئولة عن نوع محدد من أنواع البيانات المخزنة تبدأ بإنشاء الميتاداتا للمحتوى الأصلي وانشاء معرف المحتوى (صوت، صورة، نص) ثم انشاء NFTs الخاصة بمعاملات المستند وأخيراً انشاء رموز التشفير الفريدة لكل ملف والتي تكون مسئولة عن حق إتاحة الوصول وعليه يترتب بناء الاستعلام.

الطبقة الثالثة (طبقة الاستعلام):- وتعتمد في تصنيف طبقة الاستعلام إلى العقد الثلاث (العامة والخاصة والهجينة) على رموز التشفير الخاصة بالكتل أو الملفات، ويعتمد بناء الإستعلام هنا على الأنواع الثلاثة لشبكات بلوك تشين (العامة ، الخاصة ، الاتحاد) وذلك بهدف اتاحة وصول مصرح به لفئات مختلفة من المستخدمين لشبكة النظام وذلك بالإعتماد على آليات التشفير للملفات وبناءً عليه تحدد وتتيح للمستخدم العام للشبكة الاستعلام فقط عن الملفات ذات التشفير العام في المقابل تتيح للمستخدم الخاص استرداد البيانات التي يمتلك حق استرجاعها والاطلاع عليها.

<u>على سبيل المثال</u>:- يضم النظام ثلاث فئات من المستخدمين (مستفيد خارجي ، مستفيد تابع للمؤسسة ، العاملين بالمؤسسة)، سيكون لكل فئة منهم رموز تشفير محددة حسب احتياجاتهم من الوصول للبيانات؛ المستخدم الخارجي يتاح له الوصول إلى الملفات ذات المفتاح العام للتشفير، المستخدم التابع للمؤسسة يتاح له الوصول إلى الملفات ذات المفتاح الخاص للتشفير، والعاملين بالمؤسسة متاح لهم الوصول إلى الملفات ذات التشفير الهجين حسب الصلاحيات المحددة لهم أيضاً فمنهم ما يتاح لهم الوصول إلى بيانات المستخدمين وبيانات الاستخدام لإنشاء التقارير وغيرها.

٦/٤/٢. هيكلية بناء النظام المقترح:-



شكل رقم (٨) هيكلية بناء النظام المقترح – تصميم

٦/٤/٣. آلية عمل النظام المقترح:-

يعمل النظام المقترح على عدم الحاجة إلى الاستعانة بنظم فرعية أخرى مكملة لدورة إدارة واسترجاع المعلومات أو الحاجة إلى الاستعانة بمزودي خدمات متعددين مشتركين في بناء وعمل نظام المكتبات، وذلك لتوفير التقنية شبكة لامركزية متكاملة للتخزين والإدارة والاسترجاع والخدمات وبالتالي العمل على تكامل مكونات نظام إدارة واسترجاع البيانات داخل المكتبة بمراحله المتعددة ومن ثم توفير الجهد المبذول وسرعة الإنجاز وربط بيئة العمل ببعضها البعض.

٧. نتائج البحث:-

اشار البحث في مضمونه إلى عدد من النتائج الهامة حول تحسينات تقنية بلوك تشين للاسترجاع يمكن تلخيصها في النقاط التالية:-

- توفر تقنية بلوك تشين منصة تخزين تتناسب مع طبيعة نمو البيانات السريع، وبالتالي قدرة شبكات بلوك تشين على التوافق مع طبيعة البيانات الضخمة للمنصات والشبكات الكبيرة وبالتالي توفير منصة تخزين للبيانات الضخمة على المدى الطويل.
- تستخدم تقنية بلوك تشين تقنيات متعددة للتخزين تتناسب مع طبيعة البيانات والمستندات المخزنة على شبكة بلوك تشين وبالتالي القدرة على تصنيفها وتنظيمها بشكل دقيق وواضح يسهل الوصول إلى البيانات المخزنة.
- تعتمد تقنية بلوك تشين في تخزينها للملفات على خوارزميات التشفير المنفردة لكل ملف وبالتالي توفير قدر عالي من الأمان والسرية للبيانات واسترجاعها.
- تستخدم شبكات بلوك تشين بروتوكولات خاصة بفهرسة البيانات المخزنة عليها وفقاً لمعايير رسمية وموحدة تساعد على التنظيم الدقيق لبيانات بلوك تشين وتسلسلها وفقاً لعامل زمني متتالي مرتبط بتواريخ التعاملات المختلفة على السجلات أو الملفات المخزنة.
- تعتمد تقنية بلوك تشين على برتوكول فهرسة لامركزي لفهرسة وتنظيم البيانات وبالتالي سهولة مشاركة البيانات الوصفية لمفات بلوك تشين مع أطراف وجهات متعددة.
- لا تقتصر ميتاداتا بلوك تشين على البيانات الوصفية للملفات المخزنة عليها ومحتواها فقط، وإنما تعمل بلوك تشين على انشاء ميتاداتا فريدة خاصة بسجلات معاملات البيانات والملفات تعرف باسم NFTs.
- تستطيع شبكة بلوك تشين تخزين نوعيات متعددة ومختلفة من البيانات والملفات سواء كانت مرئية أو سمعية (صور، صوت، ميتاداتا...إلخ) ، وأيضاً بيانات تتبع المحتوى على شبكة الانترنت.
- تساعد تقنية بلوك تشين على حل مشكلات البيانات الوصفية من المركزية وعدم إمكانية التتبع إلى اللامركزية وإمكانية تتبع سجلات البيانات الوصفية للملفات على الشبكة، وذلك بفضل تقنيات التخزين التي تعتمد عليها.
- تعتمد شبكات بلوك تشين على لغات استعلام خاصة، تختلف تبعاً لاختلاف نوعية الشبكة، أي تعتمد على لغة استعلام عامة تستخدم لشبكات بلوك تشين العامة وهي لغة EQL ، ولغة استعلام خاصة تستخدم لشبكات بلوك تشين الخاصة للمستخدمين المسجلين والمصرح لهم بالإستخدام وهي لغة Graph-QL.

- يمكن للمكتبات ومؤسسات المعلومات الإعتماد على تقنية بلوك تشين في بناء نظام استرجاع لامركزي (فهرس لامركزي) لاسترجاع المعلومات من خلاله ، إذ بإمكان تقنية بلوك تشين أن توفر المتطلبات الأساسية لبناء نظام إدارة للمكتبات وأيضاً نظام استرجاع للمعلومات يعتمد على خصائص وميزات شبكات بلوك تشين.

٨. توصيات البحث:-

بناءَ على ما سبق من تحليل ونتائج توصل إليها البحث ، تضع الباحثة عدد من التوصيات التي بإمكانها أن تشير إلى الاستثمار الأمثل لتنقية بلوك تشين في جوانب أخرى لتحسين الاسترجاع وتطبيقها في المكتبات ومراكز المعلومات كالتالي:-

- توصي الدراسة بإجراء مزيداً من الأبحاث التطبيقية حول إمكانية تطبيق تقنية بلوك تشين والإستفادة منها في مجال البيانات الضخمة واسترجاعها وأيضاً الاستفادة منها في مراكز البيانات.
- دراسة وتطبيق تقنية بلوك تشين في مجال الوصول المفتوح واسترجاع بيانات الوصول المفتوح، إذ تتشابه طبيعة بيانات الوصول المفتوح مع الطبيعة اللامركزية لبيانات بلوك تشين وبالتالي يمكن الاستفادة منها في بناء مستودعات بيانات مفتوحة لامركزية.
- العمل على تطبيق تقنية بلوك تشين في مجال النشر العلمي والدوريات العلمية الإلكترونية، خاصة في ظل الإتاحة الرقمية لمحتوى الدوريات العلمية لفئات مختلفة من المستفيدين.
- تطبيق تقنية بلوك تشين في إنشاء فهارس لامركزية للمكتبات الأكاديمية تسهل اتاحة المعلومات ونشر ومشاركة المعرفة.
- الاستفادة من بروتوكولات فهرسة بلوك تشين في تحسين معايير الفهرسة للمصادر الرقمية والمصادر المتاحة على شبكة الانترنت.

٩. References:-

- **Sharma, Rohit, (22/9/2022). Information Retrieval System Explained: Types, Comparison & Components,** https://www.upgrad.com/blog/information-retrieval-system-explained/**(27/10/2022).**

- **Blockchain and reference data management:** https://www.apgar.fr/en/conseils-mdm/blockchain-and-reference-data-management/**.**

- **TechTarget Contributor. (2021). blockchain storage,** https://searchstorage.techtarget.com/definition/blockchain-storage**.**

- **PAIK, H.-Y., XU, X., BANDARA, H. D., LEE, S. U., & LO, S. K. (2019). Analysis of Data Management in Blockchain-based Systems: From Architecture to Governance. IEEE Access, p.3.**

- **Ranka, Y., Bagrecha, J., Gandhi, K., Sarvaria, B., & Chawan, P. (2018). A Survey on File Storage & Retrieval using Blockchain Technology. International Research Journal of Engineering and Technology, p.763 - 766 .**

- **Icommunity. What is IFPS? The hard drive for Blockchain,** https://icommunity.io/en/what-is-ifps-the-hard-drive-for-blockchain/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ar&_x_tr_hl=ar&_x_tr_pto=sc **(28/10/2022).**

- **Ranka, Y., Bagrecha, J., Gandhi, K., Sarvaria, B., & Chawan, P. (2018). A Survey on File Storage & Retrieval using Blockchain Technology. International Research Journal of Engineering and Technology, p. 764, 765.**

- **Takyar, Akash. (2022). An Overview of Blockchain Indexing Protocol,** https://www.leewayhertz.com/blockchain-indexing-protocol/ **, (1/11/2022).**

- **The Graph Network. Indexing.** https://thegraph.com/docs/en/network/indexing/ **, (1/11/2022).**

- **SINGH, JAGJIT, (JUL 21, 2022), HOW TO FIND YOUR NFT'S METADATA?,** HTTPS://COINTELEGRAPH.COM/NEWS/HOW-TO-FIND-YOUR-NFT-S-METADATA?_X_TR_SL=EN&_X_TR_TL=AR&_X_TR_HL=AR&_X_TR_PTO=SC**, (2/11/2022).**

- **Pastel network, (December 8, 2021). What is NFT Metadata & How Does? ,** https://pastel.network/what-exactly-is-nft-metadata/ **, (2/11/2022).**

- **Rubel, D. (2019, JUNE). No Need to Ask: Creating Permissionless Blockchains of Metadata Records . INFORMATION TECHNOLOGY AND LIBRARIES , p. 1**

- **Przytarski , D., Stach , C., Gritti , C., & Mitschang , B. (2022). Query Processing in Blockchain Systems: Current State and Future Challenges. Future Internet , 31.p.2-31.**
- **(yambadwar, snigdha.(2023). What is DFS (Distributed File System)?, https://www.geeksforgeeks.org/what-is-dfsdistributed-file-system/ ,11/4/2023.**
- **IPFS (2022), https://rattibha.com/thread/1492059762665693210 , (11/4/2023).**
- **A Graph Model Based Blockchain Implementation for Increasing .(2023)ResearchGate. Available from:** https://www.researchgate.net/figure/Blockchain-database-Graph-Model_fig2**.**
- **GAO-22-105990. (2022). Science & Tech Spotlight:Non-Fungible Tokens (NFTs), https://www.gao.gov/products/gao-22-105990 ,(12/4/2023).**