

جامعة ميدأوشن



كلية العلوم الإنسانية

ماجستير التقنية المالية

دور خوارزميات التعلم الآلي للكشف عن الاحتيال المالي في المعاملات الإلكترونية
“دراسة تطبيقية على القطاع المصرفي السعودي”

إعداد الطالبة

أمينة حسني مصباح أبو حويلة

الرقم الجامعي / 252000899

إشراف

د. الفصيل عبد الحميد

د. فايز جراد

العام الدراسي

٢٠٢٤

مقدمة:

قد أسهم التحول الرقمي على المستوى العالمي خلال العامين الأخيرين في تسريع وتيرة الاعتماد على التقنيات الرقمية، مما جعل الاندماج في الاقتصاد الرقمي شرطاً أساسياً لتعزيز كفاءة المعاملات المالية والمصرفية. ويُعد هذا التحول نموذجاً لعملية تطويرية تستند إلى الفكر الإبداعي والابتكار التقني، حيث أسهم في إعادة صياغة مفهوم الخدمات المالية من خلال اعتماد حلول رقمية متقدمة تضمن السرعة والدقة والأمان في تنفيذ المعاملات. كما أدى هذا التحول إلى تعزيز الشمول المالي وتوسيع قاعدة المستفيدين من الخدمات المصرفية، الأمر الذي انعكس إيجاباً على معدلات النمو الاقتصادي ودعم مسيرة التنمية المستدامة في مختلف الدول. (علي بن صالح، ٢٠١٨)

وفقاً لتقرير البنك الدولي، تمثل الأنشطة الاحتيالية نحو ٤٠٪ من الجرائم الجنائية المسجلة، مما يكبد اقتصاد المملكة المتحدة خسائر سنوية تقدر ١٣٠ جنيه إسترليني في حين لا يحل إلا ١٪ من القضايا المبلغ عنها (الاحتيال الرقمي. دراسة الرقمي).

وفي هذا السياق، يشهد القطاع المصرفي السعودي تحولاً رقمياً متسارعاً، لا سيما بعد جائحة كورونا التي شكلت حافزاً إضافياً لتبني الحلول الرقمية. وقد أسفر هذا التحول عن قفزات نوعية في تطوير الأنظمة المالية وتحديث آليات مكافحة الاحتيال المالي الإلكتروني، استجابة للنمو الهائل في حجم المعاملات عبر القنوات المصرفية. وفي ظل هذه المتغيرات، اتجهت البنوك إلى تبني أنظمة ذكية مرنة قابلة للتعليم تتفوق بكفاءة على النظم التقليدية القائمة على القواعد الثابتة. ويأتي هذا التوجه في إطار الجهود الاستراتيجية الهادفة إلى تعزيز كفاءة وشفافية القطاع المالي وبناء اقتصاد رقمي متكامل يستند إلى أحدث التقنيات. dga.gov.sa.

ومع ذلك، أدى هذا التحول السريع إلى زيادة احتمالية التعرض لأنماط متطورة ومتغيرة من الاحتيال المالي، لذلك أطلقت الجهات التنظيمية – بقيادة البنك المركزي السعودي (SAMA) وبمشاركة الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (SDAIA) مجموعة من المبادرات الاستراتيجية لتعزيز الأمن المالي والامتثال التنظيمي مع التركيز بأن تتوجه المصارف لاعتماد أرقى الأطر الرقمية المتوافقة مع المعايير الشفافة وأمن البيانات.. mof.gov.sa

وتُعد خوارزميات التعلم الآلي من أبرز الأدوات الحديثة التي يمكن توظيفها في مجال مكافحة الاحتيال المالي، لما تمتاز به من قدرة عالية على تحليل البيانات الضخمة واكتشاف الأنماط غير المعتادة في سلوك المستخدمين، وتحديد العلاقات الخفية التي قد لا تُكتشف بالأساليب التقليدية. وعلى الرغم من اهتمام العديد من الدراسات الدولية

بتطبيق هذه التقنيات في مكافحة الاحتيال، فإن الأبحاث التي تناولت الجوانب التطبيقية والامتثالية لتوظيف خوارزميات التعلم الآلي في البيئة المصرفية السعودية لا تزال محدودة. يسعى البحث الى تحديد الفجوات بين التطبيقات التقنية والضوابط التنظيمية بما يتوافق مع الأطر التنظيمية ومعايير الامتثال المحلية والدولية. واقتراح نموذج تطبيقي يحقق التكامل بين الفعالية في التقنية والالتزام التنظيمي.

مشكلة الدراسة:

في إطار تحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠، بذلت المؤسسات المصرفية جهودًا كبيرة في تطوير بنيتها الرقمية وتعزيز منظومتها الأمنية، من خلال الاستثمار في التقنيات الحديثة وأنظمة الحماية المتقدمة، لذلك لم تعد تعتمد على الأنظمة القاعدية التقليدية (Rule –Based System) في الكشف عن العمليات الاحتيالية الالكترونية لأنها أصبحت غير مواكبة للتعقيد المتزايد بها، فقد بدأت البنوك السعودية الانتقال إلى أنظمة هجينة تجمع بين القواعد الأساسية وتقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي، سعياً لتعزيز دقة كشف الاحتيال المالي وخفض نسبة الإنذارات الكاذبة . (البنك السعودي المركزي, ٢٠٢٥)

تعتبر خوارزميات التعلم الآلي نهجا واعدا في مجال الكشف عن الاحتيال المالي إذ يتميز بقدرته على تحديد أنماط السلوك الدالة على الأنشطة الاحتيالية لقدرته العالية على تحليل البيانات الضخمة واستخلاص الأنماط غير المعتادة في سلوك المستخدمين، كما يمكن تدريب خوارزميات التعلم الآلي الخاضعة للإشراف باستخدام بيانات مصنفة مسبقاً لتصنيفها اما احتيالية او غير احتيالية (Botchey, F. E., Qin, Z., and Hughes–Lartey, K. (2020)) في المقابل ، ما تزال هناك تحديات كبيرة في عدة مستويات (التنظيمي ، التشغيلي، التطبيقي و الامني) ، نظرا لما يتطلبه من موائمة مع أطر الامتثال والحوكمة وحماية البيانات التي تفرضها الجهات الرقابية، مع ضمان الشفافية في قرارات النماذج الذكية

وانطلاقاً من ذلك، تتمثل مشكلة البحث في التساؤل حول ما مدى فاعلية تطبيق خوارزميات التعلم الآلي في الكشف عن الاحتيال المالي بالقطاع المصرفي السعودي في ظل التحول نحو الأنظمة الذكية الهجينة، ومدى توافقها مع المتطلبات الرقابية التي تفرضها الجهات التنظيمية المختصة كالبنك السعودي والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي.

أهمية الدراسة:

تستمد الدراسة أهميتها من ناحيتين:

الأهمية العلمية:

١- حداثة موضوع تطبيق خوارزميات التعلم الآلي خاصة في مجال المعاملات الإلكترونية للكشف عن الاحتيال في

القطاع المصرفي السعودي

٢- بناء نموذج مرجعي يمكن الاستفادة منه في الدراسات المستقبلية المتعلقة بالحوكمة التقنية للمعاملات الإلكترونية في

القطاع المصرفي

الأهمية العملية:

١- دعم جهود المملكة في تطوير أطر سياسية متوازنة تجمع بين الابتكار الرقمي والرقابة المصرفية الامنة في

المعاملات الإلكترونية بالتعاون مع البنك المركزي السعودي (SAMA)، والهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي

(SDAIA) والهيئة الوطنية للأمن السيبراني وهيئة الاتصالات والفضاء والتقنية بما يعزز التحول الرقمي والثقة والشفافية

في البيئة المصرفية وتحسين اليات مراقبة الامتثال.

٢- تعزيز قدرة البنوك السعودية على تقييم فعالية أنظمتها الذكية الحالية بدرجات أعلى من الدقة والكفاءة.

٣- طرح نموذج تطبيقي يوضح كيفية دمج خوارزميات التعلم الآلي، وتعزيز الثقة الرقمية لدى العملاء من خلال بناء

بيئة آمنة وشفافة في ظل التحول الرقمي والاقتصاد القائم على البيانات.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة الى تحليل وتقييم دور تقنيات التعلم الآلي في تعزيز كفاءة ودقة أنظمة الكشف عن الاحتيال

المالي بالمعاملات الإلكترونية في القطاع المصرفي السعودي، ودراسة توافق الانظمة مع المتطلبات التنظيمية

والتطبيقية والامتثالية في المصارف السعودية

تساؤلات الدراسة:

١- ماهي أنماط الاحتيال المالي الشائعة في القطاع المصرفي السعودي مع التحول الرقمي في ظل التحول الرقمي

التقني المتسارع؟

٢- ما مدى جاهزية المملكة العربية السعودية للبنية التحتية اللازمة لتطبيق خوارزميات التعلم الآلي في أنظمة الكشف عن الاحتيال المالي بالقطاع المصرفي؟

٣- ماهي أبرز تقنيات خوارزميات التعلم الآلي المستخدمة عالميا في الكشف عن الاحتيال المالي؟

٤- ما أبرز التحديات التنظيمية والتقنية والبشرية التي تواجه المصارف السعودية عند دمج خوارزميات التعلم الآلي في أنظمة الامتثال ومكافحة الاحتيال؟

٥- كيف يمكن تحقيق تكامل فعال بين فرق علوم البيانات وخبراء الأعمال بما يضمن تطوير نماذج تعلم آلي عملية تعالج التحديات المصرفية الفعلية مع الموازنة بين الكفاءة التقنية للخوارزميات والالتزام بالمعايير التنظيمية المحلية والدولية؟

٦- كيف يمكن للمؤسسات المصرفية السعودية تطوير خوارزميات تعلم آلي بما يضمن الشفافية والاستجابة السريعة لعمليات الاحتيال، مع تبني استراتيجيات فعالة لمعالجة ندرة خبراء هذا المجال؟

فروض الدراسة:

مساهمة تطبيق أنظمة هجينة تجمع بين خوارزميات التعلم الآلي والاطر التنظيمية إلى تحسين كبير في دقة وكفاءة كشف الاحتيال المالي في القطاع المصرفي مما يضمن التوافق التام مع المتطلبات الرقابية المحلية والدولية، مما يمكن من تحقيق توازن بين الابتكار التقني والامتثال التنظيمي وتعزيز الشفافية في عمليات كشف الاحتيال.

الدراسات السابقة:

١- دراسة (حدانة & بن عيشي , ٢٠٢٥) بعنوان الذكاء الاصطناعي في القطاع المصرفي بنك الرياض نموذجا رياديا - هدفت الدراسة إلى تحليل الدور المحوري للذكاء الاصطناعي في تطوير الأداء المصرفي في بنك الرياض , مع التركيز على الأطر التنظيمية التي تسهم في ضبط وتوجيه تطبيقاته , ومبادرات الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي (سدايا) , ركزت الدراسة على تقييم أثر التقنيات في دعم مسيرة المملكة نحو تحسين جودة الخدمات المقدمة , ورفع العمليات التشغيلية , وتعزيز معايير الأمن السيبراني , واتخاذ القرارات الاستراتيجية القائمة على تحليل البيانات .

- اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي / التحليلي من خلال تحليل تجربة بنك الرياض كنموذج تطبيقي لاستخدام

تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتم اعتماد تطبيق هذه الدراسة من عدة مصادر كالتقارير الدورية والمقالات الأكاديمية لمجلات أو جرائد الإلكترونية والمواقع الرسمية للبنك.

اما عينة الدراسة كانت ببنك الرياض ومجتمع الدراسة تمثلت في القطاع المصرفي السعودي.

- توصلت الدراسة ان الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد تقنية مساعدة، بل أصبح محركاً أساسياً لتطوير القطاع المصرفي، وتمت الإشارة أن توجه البنوك السعودية بصورة متزايدة الى التقنيات في المجالات الحيوية مثل التحليل التنبؤي وبناء أنظمة فعالة لمكافحة الاحتيال.

٢- دراسة (Eskandarany,2024) "Adoption of artificial intelligence and machine learning in banking systems : a qualitative survey of board of directors"

- هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الدور الإستراتيجي لمجالس الإدارة في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في القطاع المصرفي السعودي ، وركزت بشكل خاص على الكيفية التي تسهم بها هذه المجالس في توجيه عملية اعتماد هذه التقنيات المتطورة ومواجهة التحديات الأمنية المتنامية ، وما الأطر التوجيهية التي يجب وضعها لتبني حلول ذكية متقدمة في قطاع يستهدف بشكل متزايد من قبل الجهات الاحتيالية .
- تبرز الدراسة الفرص والتحديات المرتبطة بتبني تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي كركيزة أساسية في تحول الخدمات المصرفية الحديثة، حيث تسهم هذه التقنيات في تحقيق كشف متقدم لعمليات الاحتيال المالي، وتعزيز الامتثال للمعايير التنظيمية، مما يعزز من مرونة القطاع المصرفي في مواجهة التحديات المتطورة
- اعتمدت الدراسة على المنهج النوعي/ استكشافي، تم في اطارها إجراء مقابلات عميقة شملت سبعة عشر عضواً من أعضاء مجالس إدارة بنوك سعودية بارزة، فقد تراوحت مدة المقابلات حوالي ٥٥ دقيقة.
- توصلت الدراسة إلى ضرورة تعزيز الرقابة الأخلاقية والأطر التنظيمية لتقنيات التعلم الآلي في القطاع المصرفي، حيث يجب ان تتميز هذه التقنيات بالشفافية والعدالة والالتزام باللوائح المحلية والدولية، وتؤكد النتائج ان الحوكمة الأخلاقية تمثل الركيزة الأساسية لضمان ثقة الجمهور في الحلول المصرفية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، لا سيما في ظل التوسع المتسارع في استخدام تلك التقنيات.

- تناول البحث أهمية الكشف عن الاحتيال في البيانات المالية حيث يعد مجالا بحثا ناميا وتزداد أهميته في مواكبة الأساليب الاحتيالية المتطورة وعلى الرغم من التقدم الملحوظ في هذا المجال لاتزال هناك جوانب عده في الكشف الذكي عن الاحتيال لم يتم التحقيق فيها بدقة , في هذه الدراسة تم إجراء مراجعة منهجية للأدبيات وفق منهجية كيتشنهام لتحليل إشكالية الكشف عن الاحتيال في البيانات المالية من خلال منظور مناهج التعلم الآلي واستخراج البيانات المالية (ML / DM) وقد نتج عن هذا التحليل ، تحديد أبرز التحديات والثغرات والقيود في هذا المجال . كما تم تصنيف التقنيات المستخدمة الى ثمانى فئات رئيسية والعوامل المؤثرة لتفضيل تقنية عن أخرى .
- ساهمت هذه الدراسة العلمية في تقديم إطار تصنيفي شامل يمكن الباحثين والممارسين في فهم الخيارات التقنية المتاحة وتقييم مدى ملاءمتها للتطبيقات المختلفة في مجال كشف الاحتيال المالي .
- اتبع البحث النهج الإحصائي، وذلك لمقارنة مجموعات البيانات والتقنيات المطورة عبر السنين ولاكتشاف الثغرات الموجودة من الدراسة. تم تقسيم المقالات الى فترتين وحيث تضمنت الفترة الأولى ٢١ مقالا وكانت الفترة الزمنية بين عامي (١٩٩٥-٢٠١٤) اما الفترة الثانية تضمنت ٢٦ مقالا وكانت الفترة الزمنية بين عامي (٢٠١٥-٢٠١٩) . وقد بذلت عدة دول جهودا عظيمة ومن الدول الرائدة في استخدام نهج ML/ DM كانت الولايات المتحدة. اليونان. الصين.
- أوصت الدراسة إلى تركيز الاهتمام لدراسة خوارزميات مثل أساليب الكشف عن الشذوذ (Anomaly detection) كنهج غير مشرف، الاستدلال والاستدلال الفوقي (heuristics and meta heuristics) المدمجة مع خوارزميات مستوحاة من علم الأحياء مثل المناعة الاصطناعية (AIS) والخوارزميات الجينية (GA) للكشف عن الاحتيالات المالية بشكل ادق.

المنطلقات النظرية للدراسة:

تبنى هذه الدراسة إطارها النظري على مزيج من النظريات التقنية والتنظيمية المرتبطة بتطبيق خوارزميات

التعلم الآلي في القطاع المالي ومن هذه المفاهيم

١- مفهوم التحول الرقمي (Digital transformation)

يمثل التحول الرقمي في قطاع البنوك حجر الأساس لتطوير الخدمات المالية، حيث يعتمد على دمج أحدث التقنيات والاستراتيجيات الرقمية بهدف إحداث نقلة نوعية في العمليات الداخلية وتقديم خدمات متخصصة بشكل أكبر. وأشار (الرابغي، ٢٠٢٢) أن التحول الرقمي يمر بمراحل متعددة ومتتابعة، تختلف كل منها في متطلباتها وآليات بناءها وتشغيلها ولا يقتصر هذا التحول على تبني التقنية فحسب، بل يشمل أيضا مواكبة التطورات المستمرة وتأهيل أفراد المجتمع رقميا، من خلال تزويدهم بالمهارات الرقمية الأساسية التي تمكنهم من للمساهمة في تحقيق أهداف الرؤية والاستراتيجية الوطنية وينعكس هذا التحول على ثلاثة مستويات الفرد وتفاعله مع المجتمع، المجتمع وتكامله مع المجتمعات الأخرى، المؤسسات بكافة أنواعها الحكومية والخاصة.

٢- مفهوم تعلم الآلة (Machine Learning):

قدرة التقنية على تمكين الأنظمة الحاسوبية من التعلم التلقائي من البيانات، استخلاص الأنماط واتخاذ القرارات دون برمجة صريحة. ففي القطاع المصرفي يبني النظام معرفته من خلال تحليل ملايين المعاملات السابقة، مما يمكنه من التمييز بين الأنماط الطبيعية والشاذة، والتنبؤ بمحاولات الاحتيال المستقبلية بدقة عالية.

٣- الإطار النظري لتعلم الآلة في اكتشاف الاحتيال

يعتمد اكتشاف الاحتيال القائم على التعلم الآلي في القطاع المالي على عدة كتل مشتركة مثل اختيار دراسة الحالة، جمع البيانات، إحصاءات البيانات وتصورها، اختيار الخوارزميات، التقييم.

٤- الامتثال المصرفي السعودي (SAMA):

تلتزم الهيئة المؤسسات المالية باختبار وضمان موثوقية نماذج خوارزميات التعلم الآلي قبل تطبيقها فعليا، وتشترط تطبيق أطر الحوكمة المتكاملة للذكاء الاصطناعي لتحقيق العدالة والمساءلة والشفافية في عملياتها. وتؤكد على استخدام تقنية الذكاء الاصطناعي القابل للتفسير (XAI)

المنهجية وطرق البحث:

ستعتمد هذه الدراسة على منهجية بحثية متعددة الأساليب تجمع بين الأدوات الكمية والنوعية لضمان شمولية التحليل

١- دراسة ميدانية كمية (الاستبيان)

تصميم استبيان موجه إلى عينة من موظفي إدارات (GRC) في البنوك السعودية لقياس مدى تطبيق تقنيات الذكاء

الاصطناعي وخوارزميات التعلم الآلي في مكافحة الاحتيال

٢- دراسة نوعية (المقابلة)

سيتم إجراء مقابلات مع نخبة من الخبراء والمختصين في قطاع الخدمات المالية لمعرفة التحديات التنظيمية والتقنية

٣- التحليل التجريبي والتطبيقي

ستعتمد الدراسة على تحليل مجموعة من بيانات معاملات مصرفية (حقيقية أو محاكاة بموافقة الجهات المعنية) لبناء

نموذج تنبؤي لكشف الاحتيال .

أدوات الدراسة:

١- الاستبانة

اعداد استبانة موجه الى موظفي GRC والتقنية في عدد من البنوك السعودية لقياس مستوى تطبيق خوارزميات

التعلم الالي لديها ومدى توافقها مع متطلبات الامتثال والحوكمة

٢- المقابلات

اجراء مقابلات مع عدد خبراء الذكاء الاصطناعي ومحلي المخاطر لاكتشاف التحديات التنظيمية والتقنية

٣- دراسة وثائق تنظيمية

دراسة وثائق البنك السعودي المركزي (ساما) فيما يتعلق بحوكمة البيانات وطرق كشف الاحتيال ومدى استخدام

خوارزميات التعلم الالي في الأنشطة الاحتيالية.

٤- الأدوات الإحصائية والتحليلية

استخدام SPSS & Python

- تحليل نتائج الاستبيانات واختبار فرضيات الدراسة.

- تحليل أداء الخوارزميات عبر مقاييس الانحراف الإيجابي الكاذب ((False Positive Rate) الدقة ((Accuracy الاستدعاء (Recall)).

حدود الدراسة:

١- الحدود المكانية

القطاع المصرفي السعودي فقط وتشمل البنوك المحلية المرخصة من قبل البنك السعودي المركزي

٢- الحدود الزمانية

الفترة ما بين ٢٠٢١ إلى ٢٠٢٥

٣- الحدود بشرية

الموظفين في أقسام إدارة المخاطر والامتثال ومكافحة الاحتيال، التقنية، الخبراء في مجال الذكاء الاصطناعي

داخل البنوك السعودية

٤- الحدود الموضوعية

تعتمد الدراسة على التركيز على اكتشاف الاحتيال المالي في المعاملات الإلكترونية ودور خوارزميات التعلم الآلي

وأنظمة الهجين ولن تتطرق للتوسع في الأشكال الأخرى من الجرائم المالية أو المجالات غير المصرفية.

المراجع:

- ١- الرابعي، ريم علي محمد. (2022) الحكومة الرقمية في ضوء برامج التحول الرقمي وتحقيق مستهدفات رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠: هيئة الحكومة الرقمية أنموذجاً. *المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات*، 2(2)، 15-62. DOI: <http://search.mandumah.com/Record/1282641> [Google Scholar]
- ٢- حدانة ، أسماء و بن عيشي جميلة (2025) الذكاء الاصطناعي في القطاع المصرفي السعودي بنك الرياض نموذجا رياديا مجلة أبحاث اقتصادية وإدارية 166-193
- ٣- بن علي، سميرة (2023) مساهمة الذكاء الاصطناعي في الكشف عن الاحتيال في القطاع المصرفي باستخدام تطبيق الأمن السيبراني : بنك Danske الدنماركي أنموذجا مجلة أبعاد اقتصادية 36-39
- ٤- آل صمع ، علي بن صالح (2018) التحول الرقمي كمرتكز استراتيجي لقيادة التحول الاقتصادي <https://www.mile.org/images/2018/citc.pdf>
- 1- Botchey, F. E., Qin, Z., and Hughes-Lartey, K. (2020). Mobile money fraud prediction—a cross-case analysis on the efficiency of support vector machines, gradient boosted decision trees, and naïve bayes algorithms. *Information* 11:383. doi: 10.3390/info11080383
- 2-Eskandarany A (2024) Adoption of artificial intelligence and machine learning in banking systems: a qualitative survey of board of directors. *Front. Artif. Intell.* 7:1440051. doi: 10.3389/frai.2024.1440051
- 3-Lokanan, M. E., and Sharma, K. (2022). Fraud prediction using machine learning: The case of investment advisors in Canada. *Mach. Learn. App.* 8:e100269. doi: 10.1016/j.mlwa.2022.100269
- 4- <https://www.ibm.com/sa-ar/think/topics/digital-transformation-banking>

5- <https://www.sama.gov.sa/ar-sa/pages/default.aspx>

6- <https://rulebook.sama.gov.sa/ar/%D9%85%D8%A8%D8%A7%D8%AF%D8%A6-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B2%D8%A7%D9%85-%D9%84%D9%84%D8%A8%D9%86%D9%88%D9%83-%D9%88%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B5%D8%A7%D8%B1%D9%81-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%AC%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%A7%D9%85%D9%84%D8%A9-%D9%81%D9%8A-%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%85%D9%84%D9%83%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%B1%D8%A8%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D8%B9%D9%88%D8%AF%D9%8A%D8%A9>

7- <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1594>

8- <https://ieeexplore.ieee.org/document/9481913>