



استكتاب أكاديمي جماعي



العقل الرقمي وتحولات المعرفة

دراسات في علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي والأمن السيبراني
والتقنيات الرقمية بفروعها وتطبيقاتها المتخصصة



تأليف مجموعة من الباحثين



الناشر

دار الرقيم السومري للنشر والتوزيع



إعداد وإشراف الهيئة العلمية في

مؤسسة أجيال الرافدين لتطوير التعليم

ISBN: 978-9922-7965-29 | 2026



استكتاب أكاديمي جماعي
العقد الرقمي وتحويلات المعرفة

دراسات في علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي
والأمن السيبراني والتقنيات الرقمية بفروعها
وتطبيقاتها المتخصصة

استكتاب أكاديمي جماعي
العقل الرقمي وتحولات المعرفة
دراسات في علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي والأمن السيبراني والتقنيات
الرقمية بفروعها وتطبيقاتها المتخصصة
التصنيف : علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي
الطبعة: الاولى

رقم الايداع في دار الكتب والوثائق في بغداد (بلا) لسنة (بلا)

ISBN:978-9922-7965-29

DOI:10.62909/978.9922.7965.29



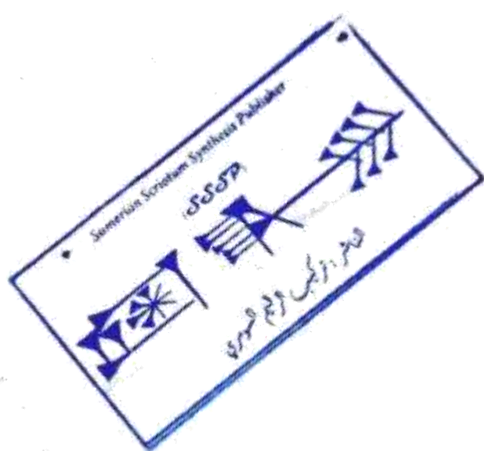
دار تركيب الرقيم السومري للطباعة والتوزيع والنشر الالكتروني
العراق – ديالى – بعقوبه – شارع الاوقاف
هاتف : 07775262892
manager@sss-publisher.com

جميع حقوق النشر محفوظة، ولا يحق لأي مؤسسة أو جهة إعادة إصدار هذا الكتاب، أو جزء منه، أو نقله، بأي شكل أو وساطة من وسائط نقل المعلومات، سواء أكانت إلكترونية أو ميكانيكية، بما في ذلك النسخ أو التسجيل أو التخزين والاسترجاع، دون إذن خطي من المؤلف.

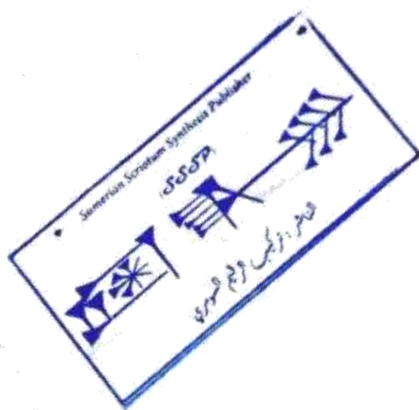
جميع الآراء الواردة في هذا الكتاب تعبر عن رأي كاتبها ولا تعبر بالضرورة عن رأي الناشر.

استكتاب أكاديمي جماعي
العقل الرقمي وتحولات المعرفة
دراسات في علوم الحاسوب
والذكاء الاصطناعي والأمن
السيبراني والتقنيات الرقمية
بفروعها وتطبيقاتها المتخصصة

نخبة من الباحثين



2026



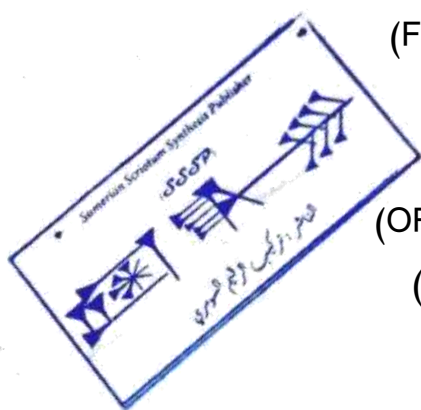
تنفيذ الكتاب
معهد الترجمة والكتاب
«ماليزيا»

تصميم الغلاف
معهد التكنولوجيا
«الهند»

إعداده وإشراف الهيئة العلمية في
مؤسسة أجميال الرفدين لتطوير التعليم
«العراق»

التوزيع والنشر الإلكتروني ، تمت فهرسة هذا الكتاب في عدد من
الفهارس والمنصات الدولية، منها:

(CrossRef)	كروس ريف
(OpenAlex)	أوبن ألكس
(OUCI)	مؤشر الاقتباس المفتوح الأوكراني
(ROAR)	سجل مستودعات الوصول المفتوح
(Semantic Scholar)	سيمنتك سكولار
(Dimensions)	دايمشنز
(ResearchGate)	ريسرش غيت
(Fatcat)	فات كات
(IAS)	المعيار الدولي للترقيم
(SCI)	مؤشر الاستشهاد العلمي
(ORCID)	أوركيد
(Scilit)	سايليت



الموقع الرسمي لدار النشر الرقيم السومري للنشر والتوزيع
يتوفر هذا الكتاب عبر الموقع الرسمي لدار النشر، مع تخصيص مُعرّف رقمي دائم
(DOI) خاص به

<https://doi.org/10.62909/978.9922.7965.29>



مقدمة الكتاب

يصدر كتاب العقل الرقمي وتحولات المعرفة: دراسات في علوم الحاسوب والذكاء الاصطناعي والأمن السيبراني والتقنيات الرقمية بفروعها وتطبيقاتها المتخصصة محافظاً على عنوان خطة الاستكتاب، ويضم ثماني مشاركات فعلية تتناول نظم المعلومات والذكاء الاصطناعي وبعض تطبيقاته الرياضية والبيانية، إلى جانب دراسة في علاقته بتحولات القوة الدولية. وقد بُني الفهرس على المواد المقدمة، لا على استكمال افتراضي لجميع المحاور التي كانت متاحة في الخطة، مع إفراد فصل لكل مساهمة وإبقاء نسبته العلمية واضحة.

يبدأ الكتاب بدراسة نظم المعلومات ومكوناتها وأنواعها ووظائفها وصلتها بالعمل المؤسسي والقرار. ثم ينتقل إلى مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره، وإلى عرض مجالاته، بما يمهد لفهم اختلاف المداخل والقدرات وحدود التسمية. ويتبع ذلك فصل في النظم الخبيرة والذكاء الرمزي، يركز على تمثيل المعرفة وقواعد الاستدلال والتفسير، وفصل في تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع. ويتيح هذا التسلسل الانتقال من الأساس المفاهيمي إلى بنية النظام ثم إلى مجالات الاستخدام والأسئلة التي تصاحبها.

وتتضمن المجموعة تطبيقاً برمجياً لحل المعادلات التفاضلية باستخدام واجهة مستخدم رسومية في MATLAB، يجمع الحساب بوسائل الإدخال والعرض والتفاعل. كما تضم دراسة تجمع التصنيف والتجميع القائم على الكثافة في تحليل بيانات سرطان الثدي، وتعرض النتائج الحسابية والتجمعات التي يستخلصها الباحث من الخصائص المتاحة. وتقرأ هذه المشاركة بوصفها دراسة في تحليل البيانات، مع التمييز بين نتائج النموذج والتفسيرات السريرية التي يناقشها المؤلف، دون إضافة اعتماد طبي خارج المادة المقدمة.

ويُختتم الكتاب بدراسة تتناول الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية، متخذة الصين أنموذجاً في تحليلها. وتختلف هذه المشاركة في سؤالها ومنهجها عن الفصول التقنية، ولذلك بقيت مستقلة ببياناتها وإحالاتها، لتظهر زاويتها في قراءة الأثر السياسي للتقنية دون أن تذوب في عرض حاسوبي عام. وينسجم موضعها مع الحفاظ على المشاركة كاملة، وإتاحة القراءة المقارنة بين بناء النظام الرقمي واستخدامه وآثاره التي يتناولها الباحثون.

تعتمد افتتاحيات الفصول ترتيباً موحداً لعنوان الدراسة وأسماء أصحابها وانتسابهم والملخصين والكلمات المفتاحية، مع المحافظة على لغة المتن الأصلية والمعادلات والجداول والصور

والإحالات. ويصل الفهرس بين عنوان الفصل والباحث وصفحة البداية، وتبقى مصادر كل مساهمة في نطاقها. وتقدم هذه البنية وسيلة للقراءة المتصلة أو للرجوع إلى موضوع بعينه، مع بقاء الفروق بين المداخل النظرية والتطبيقات الحاسوبية والتحليل الاجتماعي والسياسي ظاهرة للقارئ، وعدم نسبة نتائج فصل إلى غيره.

فهرس المحتويات

ت	الفصل والباحث	ص.
1	نظم المعلومات أ.م. أنهار خير الدين محمد	6
2	مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره أ.م. شيماء هادي محمد	50
3	الذكاء الاصطناعي ومجالاته م.م. وئام محمد كريدي	71
4	النظم الخبيرة والذكاء الرمزي م.م. إسراء زامل جيايد	113
5	تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع م.م. زيد حامد مطشر	133
6	حل المعادلات التفاضلية باستخدام واجهة مستخدم رسومية في MATLAB م.م. نور حسنين هاشم	152
7	إطار متكامل للتصنيف والتجميع القائم على الكثافة لاكتشاف الأنماط الفرعية لسرطان الثدي م.د. غيث موسى حمزة	183
8	الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية: الصين أنموذجاً م. حنان كريم عبد ربه عامر	197

نظم المعلومات

Information Systems

أ.م. أنهار خير الدين محمد

جامعة الموصل - العراق

الملخص

يتناول الفصل نظم المعلومات من خلال المفاهيم والمكونات والأنواع والوظائف التي تربط البيانات بالعمل المؤسسي واتخاذ القرار. ويبدأ بتوضيح الفروق بين البيانات والمعلومات والمعرفة، ثم يعرض النظام بوصفه مجموعة عناصر متفاعلة تضم الأفراد والإجراءات والتجهيزات والبرمجيات والبيانات والاتصال. ويبين أن فاعلية النظام لا تتحدد بوجود الحاسوب وحده، بل بكيفية تنظيم هذه العناصر لخدمة حاجات المستخدمين والمؤسسة.

ويعرض الفصل أنواع نظم المعلومات ومستويات استخدامها، بما فيها نظم معالجة المعاملات ونظم المعلومات الإدارية ونظم دعم القرار، مع بيان اختلاف وظائفها ومخرجاتها ومستخدميها. كما يناقش تدفق المعلومات وتكامل العمليات وقواعد البيانات، وعلاقة النظام بالتخطيط والرقابة والتنسيق وتقويم الأداء. وتساعد الأمثلة والأشكال الواردة في الفصل على توضيح الانتقال من تسجيل الأنشطة التشغيلية إلى إنتاج معلومات يمكن الاستناد إليها في القرارات الإدارية.

وتشمل المعالجة بناء النظم وتطويرها وتشغيلها، وما يصاحب ذلك من متطلبات بشرية وتنظيمية وتقنية، ومن تحديات تتعلق بجودة البيانات والأمن والتكلفة والتوافق والتغيير. ويصل الفصل هذه المتطلبات بالتحويلات الرقمية واتساع دور المعلومات في المؤسسات. وتخلص المناقشة إلى أهمية المواءمة بين تصميم النظام وأهداف العمل، وإشراك المستخدمين وتطوير المهارات والرقابة على جودة المدخلات والمخرجات. وتتمثل مساهمة الفصل في عرض تعليمي متدرج لمجال نظم المعلومات، يوضح وظائفه وتطبيقاته وصلاته بالإدارة، دون اختزال نجاحه في اقتناء التقنية أو افتراض أن المعلومات المتاحة تتحول تلقائيًا إلى قرارات سليمة.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات؛ البيانات؛ دعم القرار؛ التكامل المؤسسي؛ التحول الرقمي

Abstract

This chapter examines information systems through the concepts, components, types, and functions that connect data with institutional activity and decision-making. It distinguishes data, information, and knowledge and presents a system as an interaction among people, procedures, hardware, software, data, and communication. System effectiveness is therefore related to the organization of these elements around user and institutional needs, rather than to the presence of computers alone.

The discussion reviews types and levels of information systems, including transaction processing, management information, and decision support systems. It distinguishes their functions, outputs, and users while examining information flows, process integration, and databases. These systems are connected to planning, control, coordination, and performance assessment. Examples and illustrations explain the movement from recording operational activities to producing information that can support managerial decisions.

System development, implementation, and operation are considered alongside human, organizational, and technical requirements. Challenges include data quality, security, cost, compatibility, and organizational change. The chapter relates these requirements to digital transformation and the expanding institutional role of information. Its concluding discussion emphasizes alignment between system design and work objectives, user involvement, skill development, and control over input and output quality. The contribution is a progressive educational account of information systems and their relationship with management. It does not equate successful implementation with purchasing technology or assume

that available information automatically becomes sound institutional decisions.

Keywords: Information systems; Data; Decision support; Institutional integration; Digital transformation

يتكون هذا المبحث من المحاور التالية:

أولاً: النظام

- أ- مفهوم النظام
- ب- عناصر النظام

ثانياً: مفهوم نظم المعلومات

- أ. المعلومات
- ب. نظم المعلومات

ثالثاً: مكونات نظم المعلومات

رابعاً: تطور نظم المعلومات

مقدمة

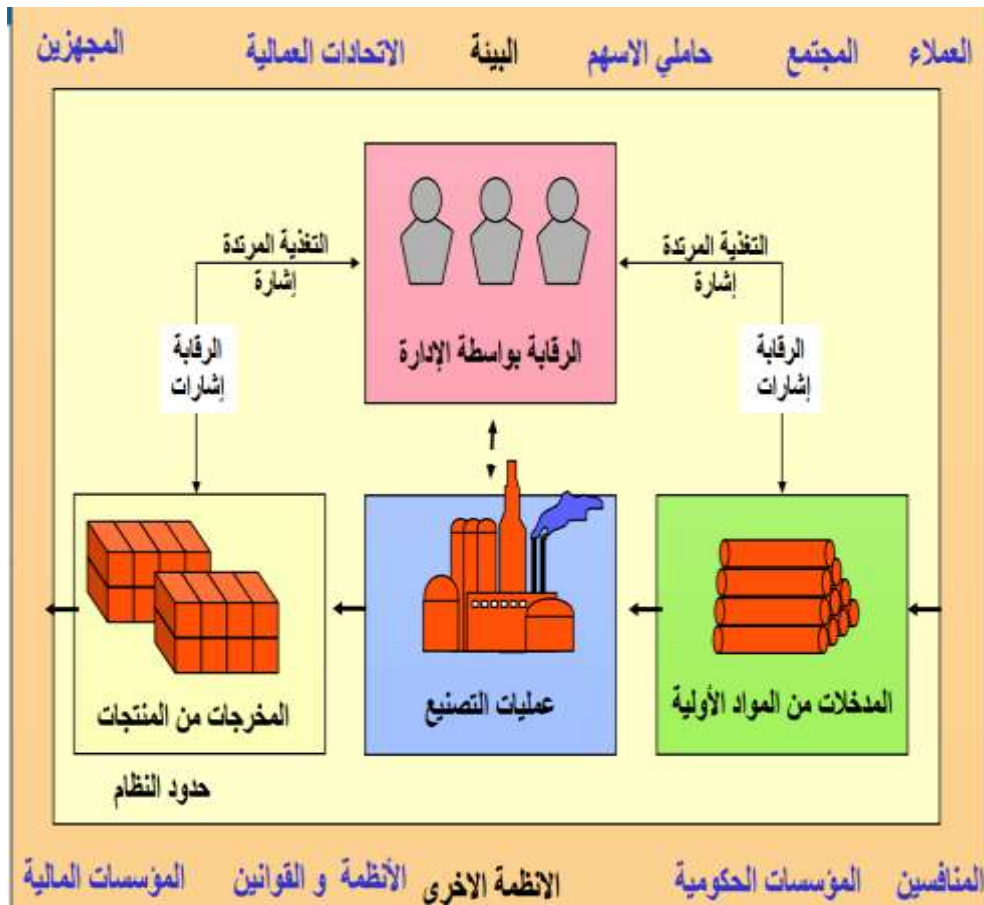
هي العصب المحرك للعمليات الذكية داخل الشركات، حيث تم الانتقال بالكامل من مرحلة 'تجريب التقنيات الناشئة إلى مرحلة بناء الأسس الصلبة للابتكار المستمر ، مما يجعل النظام مسؤولاً عن أتمتة دورة حياة الأعمال وربط المؤسسة مرناً ببيئتها الخارجية.

تعمل نظم المعلومات على مساعدة المنظمات المختلفة في القيام بأعمالها حيث تعمل على إدارة البيانات وتحليلها بفعالية، والقيام بالمهام المحاسبية والمساعدات المكتبية وتنظيم الاجتماعات وأكثر من هذا مما خفض من الاعباء على العاملين وخفض التكاليف والتغلب على معظم السلبات من العمل البشري الذي قد يسبب الملل من العمل الروتيني وتطوير العمليات التشغيلية من خلال تقنيات الحوسبة الحديثة، قواعد البيانات، الذكاء الاصطناعي، وإنترنت الأشياء، يمكن للشركات والقطاعات المختلفة تعزيز الإنتاجية وتحقيق أقصى استفادة من البيانات

أولاً: النظام

أ- مفهوم النظام

- عرف بأنه "مجموعة من الأجزاء المترابطة والتي تعمل معاً لتحقيق الأهداف، وقد يكون النظام طبيعياً وقد يكون من صنع البشر، ولكل نظام حدوده التي تفصله عن البيئة المحيطة به، ومعظم النظم تحصل على مدخلاتها من البيئة المحيطة بها وتقدم مخرجاتها لها، ومن ثم تتفاعل أجزائها مع العناصر الأخرى خارج حدود النظام (بن فرج و حسين، 33: 2014).



الشكل (1)

النظام

المصدر: (السديري، 2010: 8)

ب- عناصر النظام

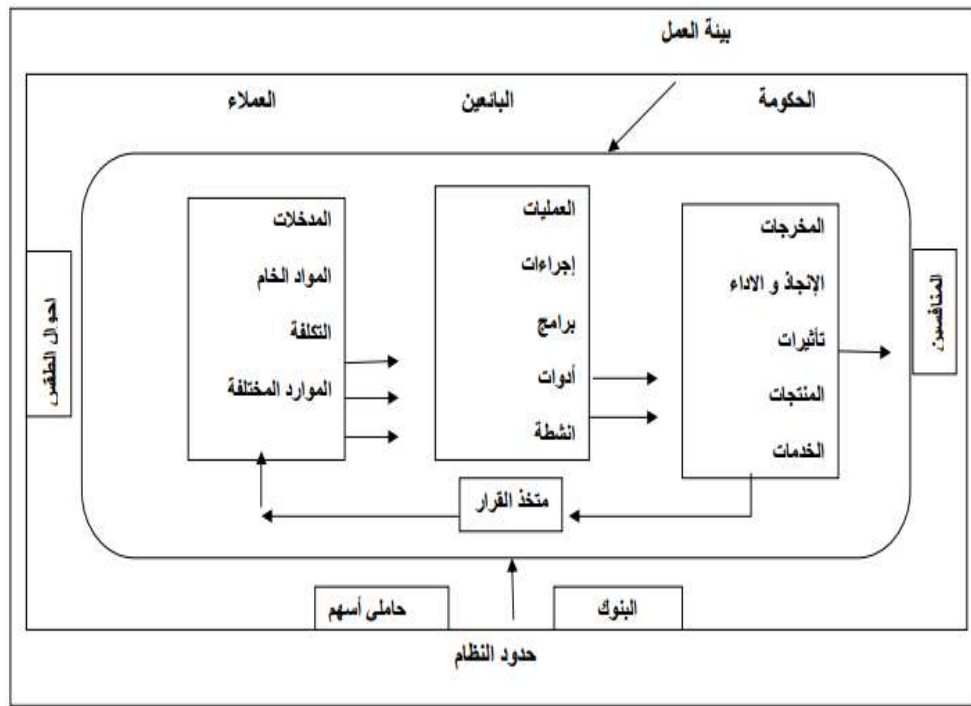
يحدد (العمرى، 2009، 33) النظام بما يلي :

1- المدخلات : " تمثل المدخلات الموارد اللازمة للنظام ليتمكن من القيام بالأنشطة المختلفة لتحقيق الأهداف المطلوبة".

2- العملية : " يقصد بالعمليات تحويل المدخلات إلى مخرجات وقد تكون عملية التحويل عبارة عن آلة أو إنسان".

3- المخرجات : هو " ناتج عن عملية تحويل المدخلات إلى مخرجات وقد تكون هذه المخرجات عبارة عن سلعة ، خدمة أو معلومة".

4- التغذية العكسية : تعد المعلومات المرتدة الأداة التصحيحية للمخرجات أي أداة لتحقيق الرقابة على أداء النظام.



الشكل (2)

عناصر النظام

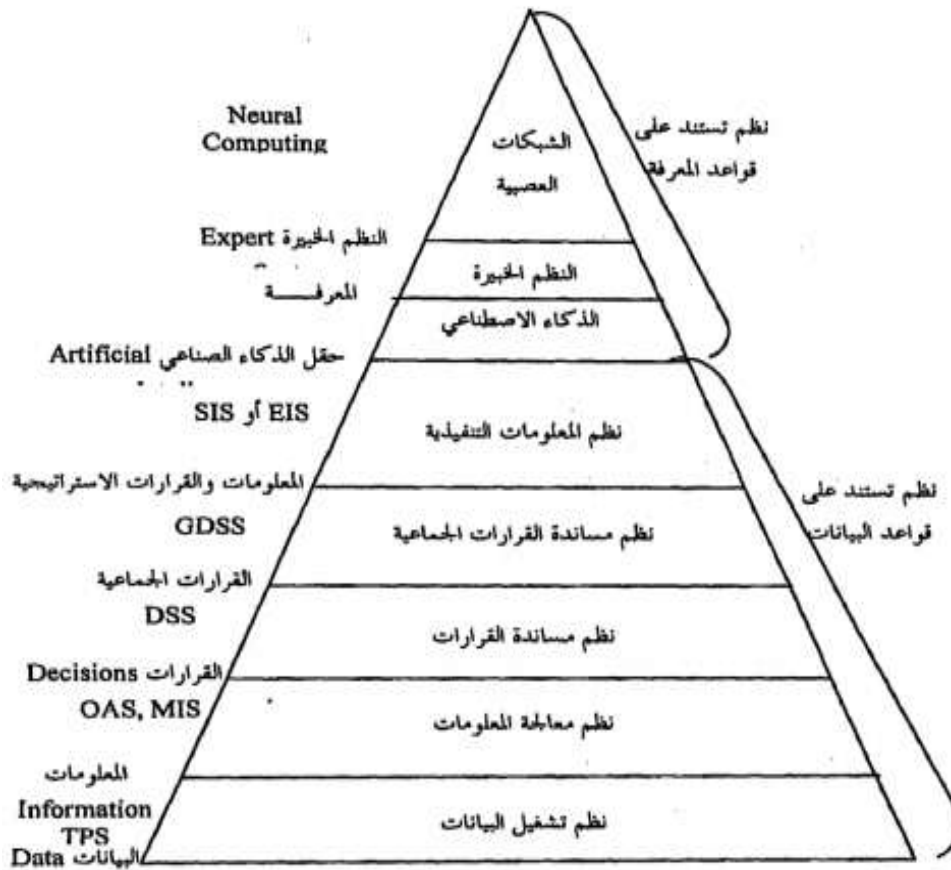
المصدر: (ياسين، 64: 2005)

ثانياً: مفهوم نظم المعلومات

أ- المعلومات

يرجع أصل كلمة معلومات (Information) في اللغة اللاتينية إلى كلمة (Informatio) وتعني شرح أو توضيح شيء ما، وتستخدم الكلمة ككفوى لعمليات الاتصال بهدف توصيل الإشارة أو الرسالة التي هي المعلومة والإعلام عنها (حمادي، 2017: 271).

واهم انواع نظم المعلومات موضحة في الشكل (3)



الشكل (3)

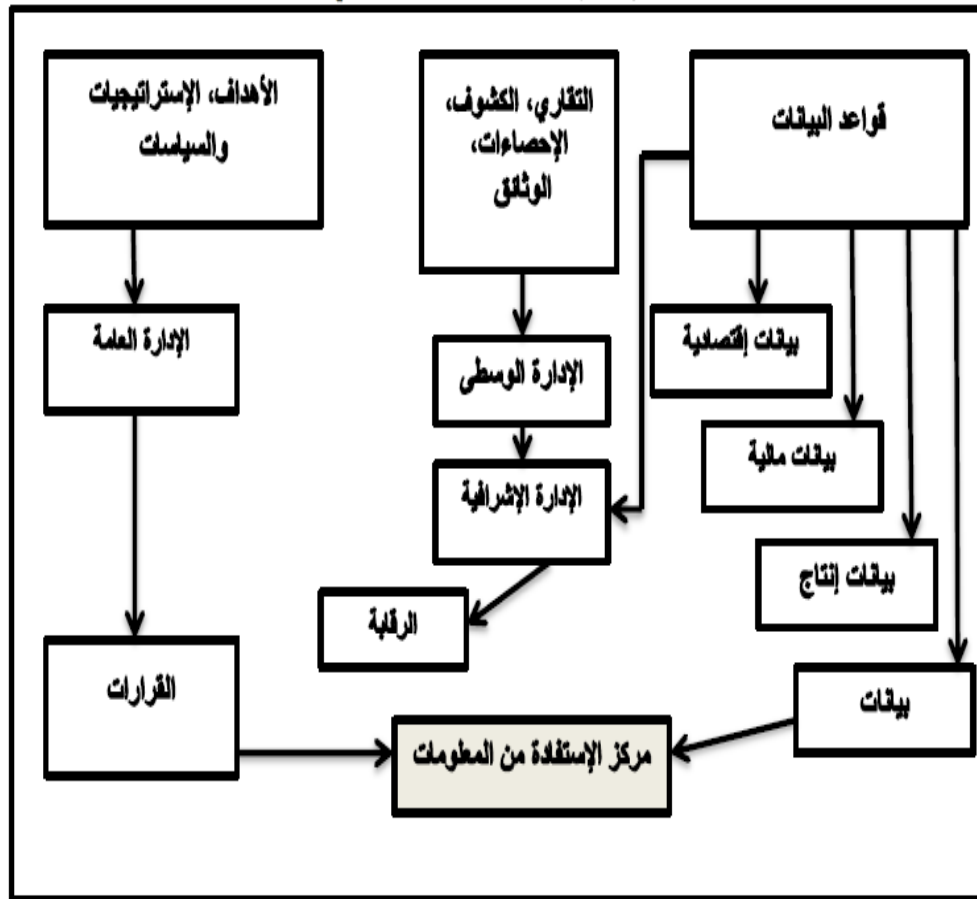
انواع نظم المعلومات

المصدر: (حمادي، 2017: 277)

- عرف (الياسري، 2015: 70) المعلومات: "بيانات تم تجميعها وتنظيمها وتحليلها، بشكل تصبح فيه ذات منفعة لمستخدميها وملائمة لاتخاذ القرارات".

- وعرفها (مقدود، 4: 2022) أنها "مجموعة البيانات المنظمة و المنسقة بحيث تعطي معنى خاص وتركيبية متجانسة من الافكار والمفاهيم التي تمكن الانسان من الاستفادة منها للوصول إلى المعرفة واكتشافها".

والشكل (4) يوضح مصادر المعلومات في المؤسسات

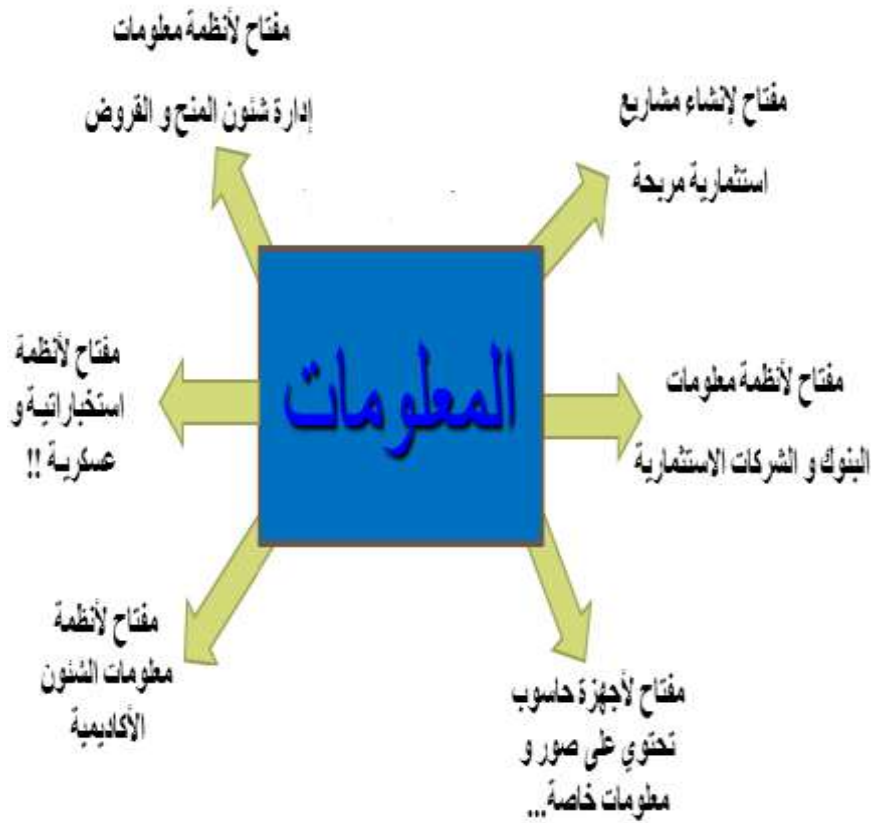


الشكل (4)

مصادر المعلومات في المؤسسة

المصدر: (الجاسم، 24: 2005)

إن أهمية المعلومات في الإدارة عموماً وفي اتخاذ القرارات بوجه خاص تحتاج إلى تأكيد. فمختلف الاتجاهات الحديثة الإدارية لا تختلف حول أهمية المعلومات حتى أن البعض شبه المعلومات ونظمها بالنظام العصبي (اسماعيل، 2011: 29) أنها مفتاح لأنظمة معلومات مختلفة

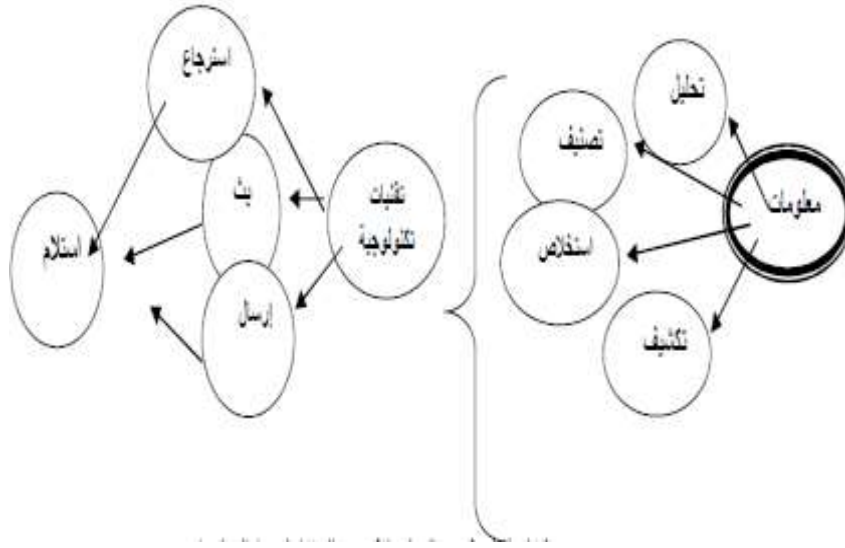


الشكل (5)

مفتاح نظم المعلومات

المصدر (الشيخ و طاهر، 64: 2014)

العمليات التي تجري على المعلومات من تحليل وتكشيف وتصنيف واستخلاص تشكل مدخلات لتطبيقات IT، ومخرجات الحاسوب يمكن اعتبارها في مرحلة من مراحل استرجاعها، مدخلات في تطبيقات تكنولوجيا المعلومات.

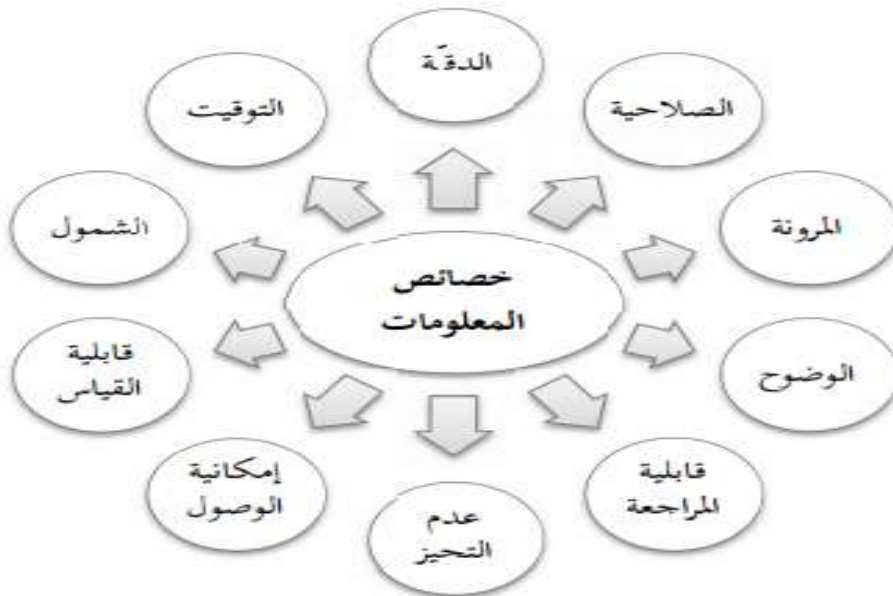


الشكل (6)

مفهوم المعلومات في تكنولوجيا المعلومات

المصدر: (اسماعيل ، 30 : 2011)

وخصائص المعلومة موضحة في الشكل (7)



الشكل (7)

خصائص المعلومات

ب- نظم المعلومات

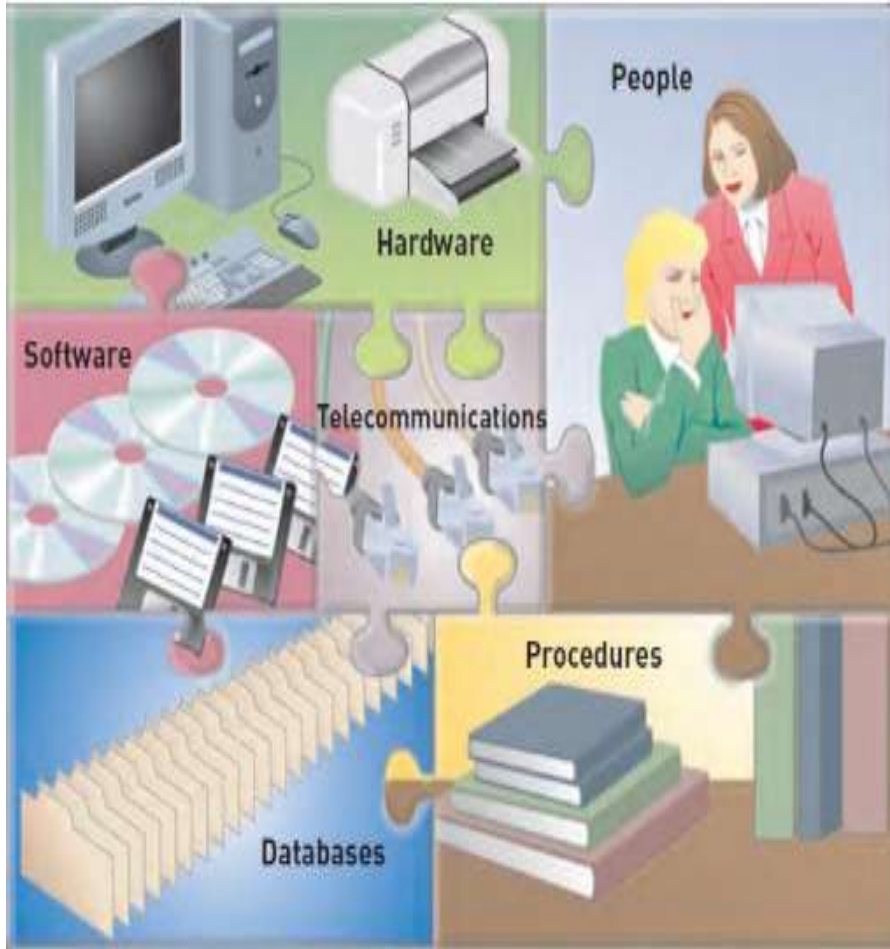
لقد نشأ علم نظام المعلومات كأحد أفرع علم الحاسوب، لمحاولة فهم وفلسفة إدارة التقنية داخل المنظمات، ثم تبلور ليصبح مجالاً رئيساً في الإدارة، إذ تزايدت التأكيدات بأنه مجال هام للبحوث في الدراسات الإدارية.

وعرف نظام المعلومات

- "مجموعة الاجراءات النمطية التي تتضمن تجميع وتشغيل وتخزين وتوزيع ونشر واسترجاع المعلومات التي تحتاجها المنظمة بهدف تدعيم اتخاذ القرارات والرقابة(النجار، 71: 2007).
- وفي السياق نفسه يعرف " مجموعة من الإجراءات التي تتفاعل مع بعضها البعض لغرض معالجة البيانات وتحويلها إلى معلومات يمكن أن تستخدم لغرض صنع القرار(السديري، 2010: 97).
- بأنه "مجموعة من المكونات المترابطة والمتفاعلة معاً، والتي يتم من خلالها تجميع أو استرجاع، تشغيل، وتخزين، وتوزيع المعلومات بغرض دعم عمليات صنع القرار، وتحقيق الرقابة في المنظمة(حسن، 86: 2011).
- كما عرف "بانه مجموعة من الافراد والتجهيزات والاجراءات والبرمجيات وقواعد البيانات تعمل يدوياً او ميكانيكياً او آلياً على جمع المعلومات وتخزينها ومعالجتها ومن ثم بثها للمستفيد(قلاوش، 47: 2015).
- وعرف بأنه "العناصر والموارد تقوم بتجميع و تشغيل وإدارة ورقابة البيانات بغرض إنتاج وتوصيل معلومات، ونظام المعلومات مفيدة لمستخدمي القرارات من خلال شبكة من القنوات وخطوط الاتصال التي يجب كذلك ان تتضمن تسهيل تحويل قرارات نظام القيادة إلى أفعال(صالح، 2017: 98).
- ويعرفه (بركات، 28: 2022) " فهو ذلك الحل التنظيمي الذي تتوجه إليه وتتخذ الإدارة في المؤسسة مستخدمة ومستندة على تكنولوجيا المعلومات فيها لما تفرضه معطيات البيئة والمحيط من وقائع ومشكلات".
- وعرفها(ميسرة، 163: 2025)"الطريقة العلمية في جمع وتسجيل وتحليل البيانات وتقديمها في صورة معلومات لمتخذي القرارات".

ثالثاً: مكونات نظم المعلومات

أهم مكونات نظم المعلومات الإدارية (Shreyas, Jaiswal, Munot ,2023:509-510)
(بن مسعود، (Wilkinson,etal,2000: 45) (37-39: 2017 موضحة في الشكل(8)



الشكل(8)

مكونات نظم المعلومات

1) الموارد البشرية

- موارد الأفراد : وتشمل هذه الموارد المستخدمين و المختصين في نظم المعلومات.
- المستخدمين أو هم أفراد الذين يستخدمون نظام المعلومات أو المستخدمين من المعلومات التي ينتجها هذا النظام.

- المختصون في نظم المعلومات هم أفراد الذين يطورون ويشغلون نظم المعلومات و يشملون محللو النظم، و مديرو قواعد البيانات، و المختصون في الشبكات، و المبرمجون، و مشغلي الحاسب.

المختصون في نظم المعلومات : هم

- **محللو النظم :**
يعملون في تطوير نظم جديدة و تحسين النظم الموجودة. ويكون محللو النظم خبراء في حل المشكلات.
- **إداريو قواعد البيانات:**
يعملون مع كلاً من المستخدمين و محلي النظم في تكوين قواعد البيانات التي تحتوي على البيانات اللازمة لتكوين معلومات المستخدم.
- **المختصون في الشبكات :**
يعمل على عمل شبكة اتصالات البيانات التي تربط موارد حوسبة واسعة الانتشار مع بعضها البعض مع محلي النظم و المستخدمين.
- **المبرمجون:**
يقومون بكتابة شفرة التعليمات التي تحول البيانات إلى معلومات الضرورية للمستخدمين.
- **المشغل :**
يقوم المشغل بمراقبة المشغلون للشاشات وتشغيل الحاسبات الكبيرة. ، ويغيروا الصيغ الورقية في الطابعات ، و غيرها من المهام.

(2) موارد الاجهزة Hardware وتضم:

- **اجهزة الحاسوب**
وهي الحواسيب المستخدمة في معالجة البيانات سواء كانت حواسيب كبيرة أو عملاقة.



- الأجهزة الملحقة بالحاسوب

أجهزة الإدخال مثل لوحة المفاتيح والماوس لإدخال البيانات.

(3) البرامج Software

- **البرمجيات:** وتتضمن برامج إدارة قواعد البيانات ونظم إدارة قواعد البيانات تؤثر على قدرات نظم مساندة القرارات. ونجاح نظم مساندة القرارات يعتمد على قدرات النظام التقنية وعلى كفاءة المديرين الذين يستخدمونه.

وتشمل مختلف أنواع التعليمات التي تتطلب في معالجة البيانات وهي نظم التشغيل التي توجه وتسيطر على المكونات المادية للحاسوب ببرمجيات النظام ومنها:

- **برامج نظام التشغيل التي تسيطر على نظام الحاسوب**



- **برمجيات التطبيق**

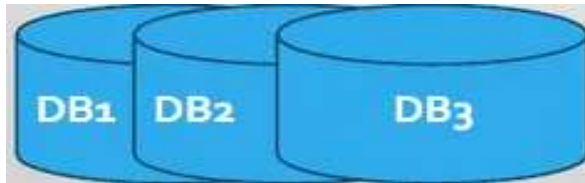
هي البرامج الموجهة للعمليات الخاصة والاعراض باستخدام الحاسوب مثل برنامج الرواتب والمستحقات وبرامج تحليل المبيعات .. الخ

ولابد من وجود حزم متكاملة من النماذج المستخدمة في صنع القرار لكي تستطيع نظم مساندة القرارات تقديم الدعم لحل مشكلات تتعلق بالتنبؤ، تحليل المخاطرة، صنع القرارات الاستثمارية وايضاً البرمجة الخطية وبرامج ادارة التشغيل والتفاعل مع المدخلات والعمليات والمخرجات.

والنموذج هو تكوين ذهني مجرد أو تصوير عقلي لحقائق الواقع كما هي ، من أجل فهمها وتفسيرها بغية إجراء التغيير المستهدف.

• تصنيف النماذج :

- نماذج استراتيجية
- نماذج تكتيكية
- نماذج عملياتية



(4) قواعد البيانات

تعتبر البيانات الموارد الأساسية في المنظمة باعتبارها الموارد الأولية ذات القيمة العالية لنظم المعلومات.

ويجب أن تستثمر البيانات وتدار بشكل مؤمن وفعال وذو فائدة للمستخدم النهائي في المنظمة. وتعتبر البيانات المادة الخام التي يتم تحويلها إلى معلومات باستخدام برامج أعدت خصيصاً لهذا النظام .

- وتعرف قواعد البيانات هي "مستودع رقمي لتخزين وإدارة وتأمين مجموعة بيانات المنظمة، وتخزن انواع قواعد البيانات المختلفة البيانات بطرق مختلفة وتستخدم المؤسسات هذه الانواع لإدارة مختلف البيانات".

تستخدم غالبية قواعد البيانات لغة الاستعلام المربكة (SQL) لكتابة البيانات والاستعلام عنها وبطريقة بسيطة .

• هناك عدد من قواعد البيانات مثل (فايزة، 2023: 373-392):

• قواعد البيانات التشغيلية (قواعد بيانات المعاملات):

تخزن بيانات تفصيلية مطلوبة لدعم أنشطة وعمليات المنظمة.

• قواعد البيانات التحليلية (قواعد البيانات متعددة الأبعاد):

تخزن بيانات مستنبطة من قواعد بيانات تشغيلية أو قواعد بيانات خارجية.

• قواعد بيانات مستودع البيانات:

تضم حزم متنوعة من قواعد البيانات الخاصة بأنشطة المنظمة لسنوات سابقة أو للعمليات الفورية الحالية. وتعتبر مصدر مركزي للبيانات المهيأة للاستخدام.

- **قواعد البيانات الموزعة:**

حزم بيانات مجموعات العمل المحلي أو حزم بيانات الفروع أو الأقسام التابعة للمنظمة، وتحتوي على أجزاء من قواعد بيانات المستفيد وقواعد البيانات التشغيلية.

- **قواعد بيانات المستفيد النهائي:**

قواعد بيانات تحتوي على ملفات بيانات مختلفة تم تكوينها من قبل المستفيد النهائي.

- **قواعد بيانات خارجية:**

يتيح الدخول إلى قواعد بيانات فورية خارجية تقدم خدماتها من المعلومات مقابل رسوم محددة سلفاً.

- **قواعد البيانات النصية:**

نتاج النمو الطبيعي لاستخدام الحاسوب في إنشاء وتخزين الوثائق إلكترونياً، وتفيد في تخزين المعلومات والوثائق والصور.

5) الإجراءات

إجراءات النظام هي وصف التعليمات والإجراءات المطلوب تنفيذها خلال جميع مراحل النظام ولا بد أن تكون هذه الإجراءات متتابعة وفقاً لما تم من أفعال تم تحديدها مسبقاً للقيام بأداء المهام.

6) شبكات الاتصال والاتصالات

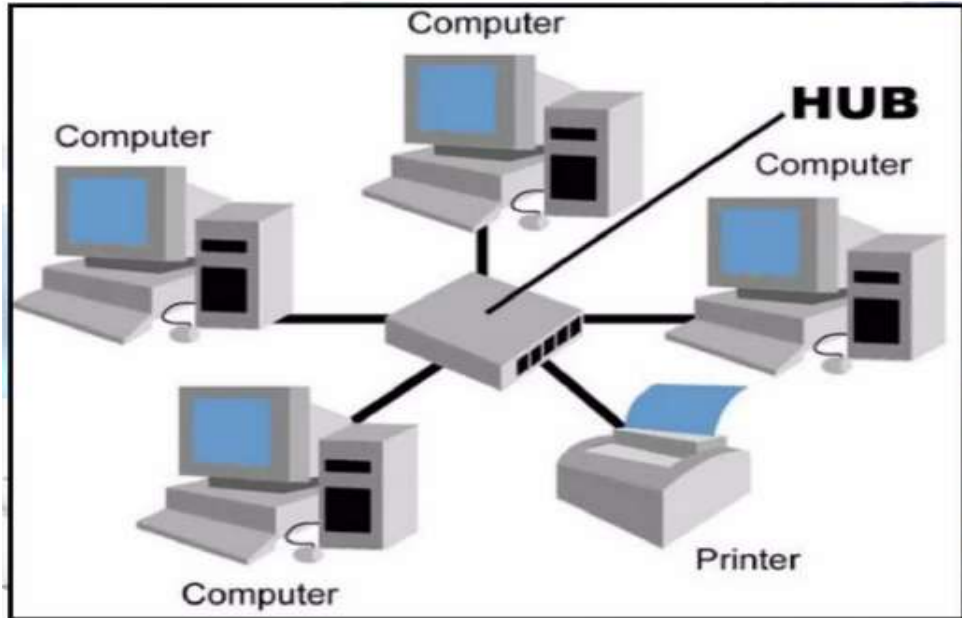
تُستخدم في المؤسسات لضمان أمان المعلومات وسرعة نقل البيانات وتبادل البيانات والمعلومات. تشمل تقنيات مثل Wi-Fi، VPN، وتقنيات الحوسبة السحابية. وتتمثل بشبكات الانترنت والانترانت والاكسترانت.

- **هناك أنواع عدة من أشكال شبكات الاتصال، وهي كالآتي (كرار وآخرون، 2024:**

327):

- **الشبكة النجمية :**

وهي تشتمل على حاسوب رئيسي مضيف مرتبط بعدد من الحواسيب الأصغر، أو طرفيات. ويجب أن تمر كل أنواع الاتصال من خلال الحاسوب المضيف.

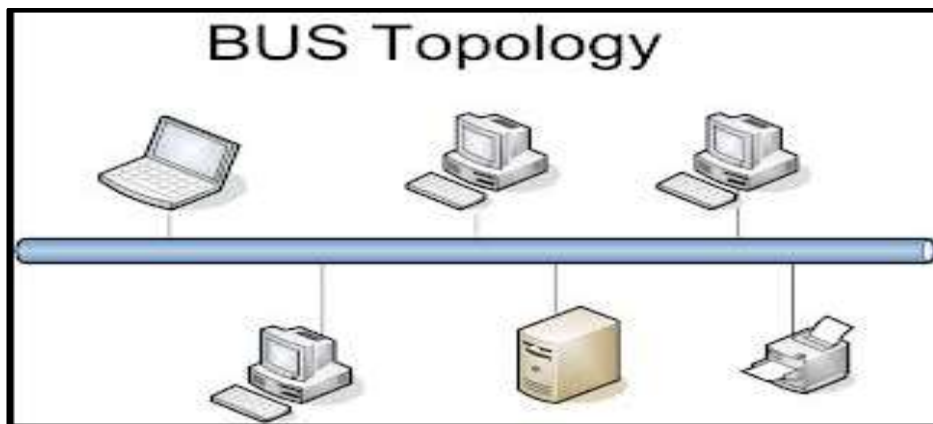


الشكل (9)

الشبكة النجمية

• الشبكة الخطية:

يتم ربط عدداً من الحواسيب المصنوعة من الكيبل أو السلك أو الليف الضوئي والرسائل يمكن أن تمر بالاتجاهين ويمكن تنقلها إلى جميع أنحاء الشبكة عبر الكيبل. ولا توجد حاجة لوجود حاسوب مضيف مسيطر على الشبكة.

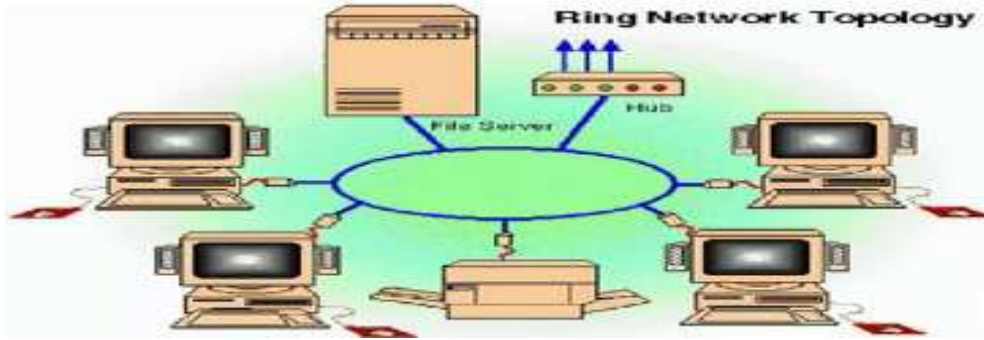


الشكل (10)

الشبكة الخطية

• الشبكة الحلقية :

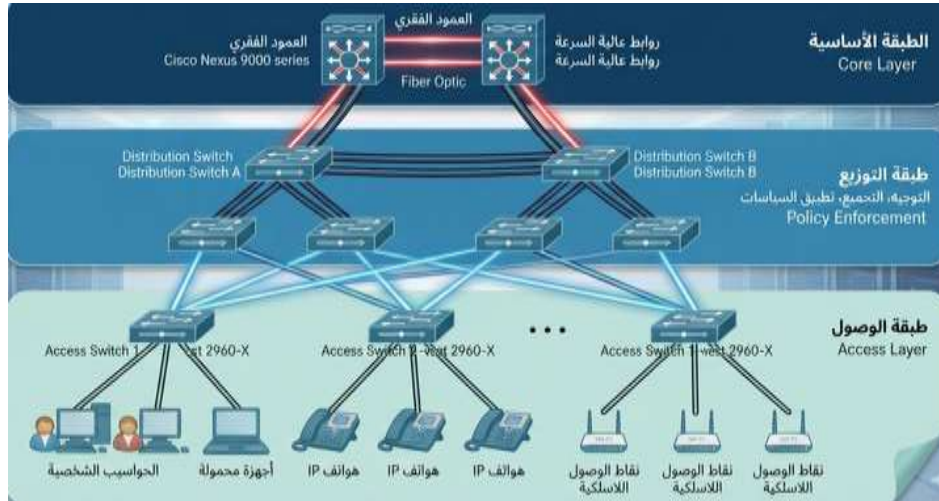
يكون ربط الأسلاك أو الكيبلات أو الألياف الضوئية على شكل حلقة ولا تعتمد الشبكة على حاسوب مضيف مركزي والحاسوب تقل من حاسوب إلى آخر على شكل حلقة.



الشكل (11)

الشبكة الحلقية

• الشبكة الهرمية: ، يرتبط حاسوب مركزي عبر نقاط تكون هي أو عدداً منها، مرتبط بحواسيب وطرفيات ثالثة، موزعة على شكل يشبه الشجرة.



الشكل (12)

الشبكة الهرمية

رابعاً: تطور نظم المعلومات

تطورت نظم المعلومات موضح في الشكل (13)



الشكل (13)

تطور نظم المعلومات

المصدر: (مهدي، 2019: 311)

المبحث الثاني

نظم المعلومات الادارية واتخاذ القرار

تؤدي نظم المعلومات كونها نظاما للمعلومات بدور مهم في عملية إدارة الوحدات, حيث تساهم بدور هام في توفير المعلومات لمتخذي القرار وفي تمكين المؤسسة من تحقيق متطلبات اهدافها الإدارية وبالتالي رفع كفاءة أداء العملية الإدارية.

يتكون المبحث من المحاور التالية

اولاً: نظم المعلومات الادارية

أ. مفهوم نظم المعلومات الادارية

ب. فوائد نظم المعلومات الإدارية

ثانياً: اتخاذ القرارات

- أ- القرار
- ب- انواع القرارات الادارية
- ت- مفهوم اتخاذ القرارات
- ث- مراحل عملية اتخاذ القرار
- ج- العوامل الأساسية لاتخاذ القرار

رابعاً: نظم دعم القرارات

- أ. أنواع نظم دعم القرارات
- ب. النظم الفرعية لنظم دعم القرار
- ت. اهمية وفوائد نظم دعم القرار

مقدمة

نظراً للتطور الكبير في نظم المعلومات والتقنيات المستخدمة ، دعا الادارة العليا في منظمات الاعمال إلى استخدامها لمساعدتها في اتخاذ القرارات السريعة.

وتعتبر نظم المعلومات الإدارية أحد أهم الادوات الحديثة التي تمكن المؤسسات من جمع البيانات ومعالجتها وتحويلها إلى معلومات دقيقة ذات قيمة فعالة في اتخاذ القرار وتحسين الاداء المؤسسي وزيادة القدرة التنافسية في بيئة الاعمال.

ونظم دعم القرار من أهم وافضل نظم المعلومات التي تعتمد على الحاسوب والتي توفر الدعم المناسب وتحسين جودة القرارات من خلال دمج البيانات والبرمجيات في نظام فعال ومتكامل لاتخاذ القرارات وهذا مما يمكن المنظمات من الحصول على ميزة تنافسية ولهذا تعددت مجالات استخداماته وتطبيقاته في المؤسسات ومنها مجالات الاحصاء والتحليل الاقتصادي.

اولاً: نظم المعلومات الادارية

- أ. مفهوم نظم المعلومات الادارية

اهم التعاريف هي:

- تعرف نظم المعلومات الإدارية بأنها "مجموعة من المكونات التي تعمل مع بعضها مجتمعة كنظام محوسب يعمل على تجميع البيانات ومعالجتها وتحويلها إلى معلومات ذات قيمة وفائدة للمستفيدين منها وإيصالها لمتخذي القرار بالتوقيت المناسب لمساعدتهم على القيام بعدة مهام منها: اتخاذ القرارات المناسبة في كافة المجالات والمستويات الإدارية، تنظيم الاجتماعات، إجراء المهام المحاسبية، وتقييم أداء الموظفين العاملين في المنظمات" (الشيخ والحديثي، 2019: 62).
- وبينما عرفها (" (10: 2023, Adetunji et al) بأنها عبارة عن نظم تقنية مصممة لجمع البيانات المتعلقة بعمليات الوظائف الإدارية وتخزينها و تحليلها و استرجاعها بشكل معلومات تخدم المستفيدين لإنجاز المهام الإدارية المناسبة في مجالات التخطيط و الرقابة على الأنشطة المنظمة".
- وتُعرف نظم المعلومات الإدارية "نظام متكامل يجمع بين الأفراد، والتقنيات، والإجراءات بهدف توفير المعلومات المناسبة في الوقت المناسب للإدارة على مختلف مستوياتها" (المك، 2026: 693).

ب فوائد نظم المعلومات الإدارية

- أهم خصائص نظم المعلومات الإدارية (بن الصغير و بوبحة، 2023: 16-17) (الصيرفي وعبد الغني، 2006 : (87-99: 2026, Ramadhan et al) (100-115 هي:
- (1) تتميز بقدرتها على إدخال ومعالجة البيانات وتحويلها إلى معلومات.
 - (2) تدعم القرارات المهيكلية وشبه المهيكلية والتخطيط متوسط الأجل حيث يساعد إدارة المنظمة في اتخاذ القرارات وحل المشكلات.
 - (3) تعتبر موجهة لخدمة الرقابة.
 - (4) لها القدرة على التحليلات بشكل محدود إذا ما قورنت بالنظم الأخرى والأكثر تطوراً كنظم دعم القرار، كما انها قليلة المرونة.
 - (5) غالباً ما تستخدم قاعدة بيانات متكاملة وتدعم مجالات متعددة في العمل.
 - (6) يقدم للإدارة معلومات عن ماضي وحاضر المنظمة أو التنبؤ بالمستقبل.

- (7) يصف العمليات والأنشطة الداخلية للمنظمة ويقارنها بالمعايير الموضوعية، ويظهر المجالات التي تحتاج إلى تعديل أو تحسين.
- (8) يوفر معلومات دقيقة وشاملة عن البيئة الخارجية للمنظمة ، إذ يرصد الأحداث والفرص في هذه البيئة التي يمكن أن يؤثر على مستقبل المنظمة أو على عملياتها الداخلية.
- (9) يوفر معلومات المخرجات(في شكل تقارير دورية أو تقارير خاصة، ومخرجات نماذج رياضية وإحصائية) يستخدمها مدير المنظمة في حل المشكلات واتخاذ القرارات.

ثانياً : اتخاذ القرارات

أ- القرار (كنانة، 2025: 1181-17)

يعتبر القرار اساس عمل القيادة الإدارية لجميع التصرفات والنشاطات التي تتم داخل المنظمة. تعني كلمة قرار فصلاً أو حكماً في مسألة ، أو خلاف ؛ أي أنه تصرف شعوري يصدر من الفرد أو المجموعة ، والمقصود بالتصرف الشعوري "هو ذلك التصرف الصادر من الأفراد بعد تفكير وتأمل" إذ أن تصرفات الأفراد عامة ما تكون على نوعين:

- تصرفات شعورية : وهي حسيّة التفكير وتدبير الأمور ، وحساب الأشياء
- تصرفات لا شعورية: وعادة ما تكون على شكل انعكاسات وانفعالات ذاتية ، وآنية على شكل استجابات .

ب- أنواع القرارات الادارية

يعتبر القرار الاداري من أهم العناصر في سير عمل أي منظمة ويعرف القرار الاداري "عملية اختيارية يقوم بها الاداري لاختيار الافضل والامثل من بين البدائل المتاحة لتحقيق اهداف محددة " (Asaad,2022: 42)

1) واهم انواع القرارات الادارية حسب اهميتها

- القرارات الاستراتيجية
- القرارات التكتيكية
- القرارات التشغيلية

(2) وانواع القرارات الادارية حسب درجة المشاركة:

- القرارات الفردية
- قرارات الجماعية

(3) وانواع القرارات الادارية حسب درجة تكرارها

- القرارات المبرمجة (Programmable decisions)

وهي القرارات التي يتخذها المدبرون لمعالجة مشكلات روتينية متكررة.

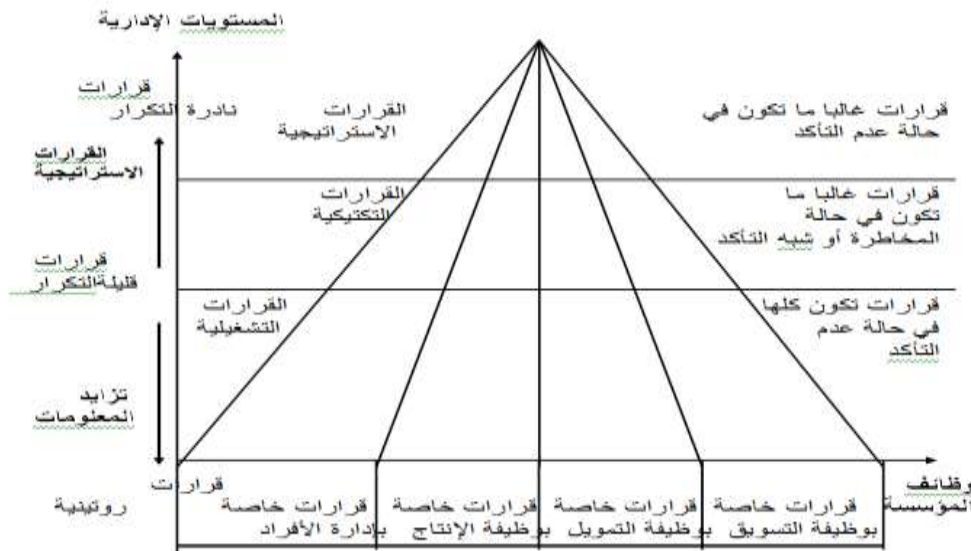
- القرارات شبه المبرمجة (Semi programmable decisions)

وهي القرارات التي تكون فيها الظروف شبه محددة تماماً، وتكون بعض الاجراءات محددة مسبقاً ولكنها غير كافية لاتخاذ القرار.

- القرارات غير المبرمجة (Nonprogrammable decisions)

وهي القرارات التي تعالج مشكلات جديدة وغير متكررة الحدوث أي معناها لا يوجد مسار واضح أو طريقة حاسمة لاتخاذ القرار.

والشكل (41) يوضح انواع القرارات حسب المستويات الادارية



الشكل (41)

انواع القرارات حسب المستويات الادارية

ت- مفهوم اتخاذ القرار

- ويعرف اتخاذ القرار في علم الادارة على "مبدأ عملية اختيار أنسب البدائل المتاحة أمام المقرر لإنجاز الهدف أو الأهداف المرجوة خلال فترة زمنية معينة وفي ضوء المعطيات البيئية الداخلية والخارجية والمواد المتاحة للمنظمة، أو حل المشكلة التي تنتظر الحل المناسب ، وفي بعض المواقف قد يكون القرار هو رفض جميع البدائل المتاحة تفادياً للالتزام"(معتوق،2016 : 9).

- وتعرفها (Dalal,2019:62) "هو عملية تحليل البيانات والمعلومات ذات الصلة لاتخاذ قرار ملائم يؤثر على الجوانب المحتفلة للمؤسسة".
- ويعرفها كل من (الطائي وآخرون،2026:229) هي " العملية المنهجية والمدرسة باختيار عمل معين أو بديل محدد من بين مجموعة من البدائل والخيارات المتاحة وبهدف حل مشكلة قائمة او تحقيق هدف محدد من اهداف المؤسسة".

ث- مراحل عملية اتخاذ القرار

مراحل عملية اتخاذ القرار (سعيد و الكوسا، 5: 2025) هي كالآتي:

(1) تحديد المشكلة:

هي اول خطوة في عملية اتخاذ القرارات والمقصود بها معرفة الفجوة التي تحتاج إلى سد بقرار سليم وناجح.

(2) جمع البيانات ذات العلاقة:

يتم في هذه المرحلة جمع البيانات والمعلومات ذات العلاقة بالمشكلة بدقة عالية والتحقق من مدى صحتها ومن مصادرها وسلامة القرارات تتوقف على مدى دقة البيانات والمعلومات.

وصنف البيانات يتضمن:

- البيانات والمعلومات الأولية والثانوية.

- البيانات والمعلومات الكمية.
- البيانات والمعلومات النوعية.
- الامور والحقائق .

(3) البحث عن البدائل وتقييمها:

متخذ القرار يقارن بين البدائل ومن خلال المقارنة يتوصل إلى مزايا وعيوب كل بديل كل واحد على حده تم بعد ذلك يتم تقييم النتائج لكل بديل ويتم تقليص عدد البدائل التي لا تحقق الرضا لمتخذ القرار وبذلك تقلل من الوقت المستغرق لتقييم البدائل المختلفة.

(4) اختيار البديل الامثل

يتم اختيار البديل بناءً على:

- يحقق البديل الاهداف المحددة، فيختار البديل الذي يحقق الاهداف.
- قبول افراد المنظمة للبديل واستعدادهم للتنفيذ.
- تتفق البدائل مع اهداف ونظم واجراءات المنظمة .
- السرعة المطلوبة والموعود المطلوب للحصول على النتائج المطلوبة للحل البديل.
- ملائمة البديل للعوامل البيئية للمنظمة .
- كفاءة البديل والعوائد المتحققة للبديل أو البدائل المختارة.

(5) مرحلة التنفيذ:

تنفيذ يقوم به متخذ القرار حيث يتم تحديد الجهات المسؤولة عن تنفيذ القرار من اقسام وافراد وتحديد مسؤولية كل جهة ويجب على متخذ القرار أو المدير أن يلتقي بالجهة المسؤولة عن التنفيذ ليتناقش معهم ويستقبل استفساراتهم وبعدها ينقل القرار إلى مرحلة التنفيذ الفعلي .

ج- العوامل الأساسية لاتخاذ القرار

اهم العوامل الأساسية في اتخاذ القرار هي(السنوسي و محمد،2024: 1199-1200):

1. فلسفة الإدارة المعتمدة.
2. التنبؤ بحجم المبيعات وامكانية السوق .

3. راس المال للمؤسسة.
4. المصادر الممولة.
5. الموازنة الخاصة بالتدفقات النقدية.
6. الفرص البديلة لمتخذ القرار.
7. القرارات الغير مؤكدة.
8. اهداف متخذ القرار.
9. البيئة التي يتم فيها اتخاذ القرار.
10. الانظمة والتعليمات والقوانين.

رابعاً: نظم دعم القرارات

أ. أنواع نظم دعم القرارات

هناك أنواع من نظم دعم القرارات التي يمكن أن تؤديها نظم دعم القرارات وهذه الأنواع وضحها (Harrison, T., & Zhang, L., 2026: 210) (ovotný, & Kovář, 2026: 210) على النحو التالي:

(1) دعم قرار موجه بموجب النماذج Model-driven decision support system

يتميز هذا النوع أنه ذو استخدام خاص ونظام الفرد بالدرجة الاولى ومن اهمها اعداد تحليل نموذج (What-If) ويكون منفصلا عن أنظمة المعلومات في المنظمة أي يتمثل ببرمجية جاهزة يتم استخدامها لأغراض محددة، مثال ذلك البرمجيات الإحصائية (مثل SPSS، برمجيات خاصة بنماذج بحوث العمليات) مثل برمجية QSB أنظمة العمل الكمية Quantitative System (Business)، وهناك انواع اخرى من التحليلات.

(2) نظام دعم قرار موجه بالبيانات Data-Driven Decision Support Systems

ويتميز هذا النوع بقدرة كبيرة على تحليل حجم كبير من البيانات مخزنة في قاعدة البيانات ويمكن المعالجة التحليلية الفورية وتنقيب البيانات يمكن صانع القرار من الحصول على المعلومات اللازمة لاتخاذ القرار من مواقع الشبكة الدولية او من نظام المنظمة.

وتشمل نظم دعم القرار الموجه بالبيانات:

- **نظم إعداد التقارير الإدارية (IRS):**

هي نظم تسعى لتلبية حاجات المديرين في المعلومات المتكاملة والملخصة (على شكل تقارير) وتقسم من حيث التطور إلى:

- تقارير تقليدية (غير تفاعلية).

- تقارير متقدمة (تفاعلية).

كما تقسم من حيث النوع إلى :

- **تقارير مجدولة دورية:**

حيث تكون هذه التقارير منتظمة (من حيث الزمن) ومهيكله (من حيث المكونات والشكل)

- **تقارير استثنائية:**

تحتوي على الأحداث الاستثنائية.

- **تقارير حسب الطلب :**

تمكن المستخدم من الحصول على أجوبة لاستعلاماته المختلفة وإنشاء تقرير مخصص له.

- **نظم تحليل مستودع البيانات (DW):**

يعرف مستودع البيانات على أنه "قاعدة بيانات متكاملة لدعم القرار يتم استخلاص محتوياتها من قواعد البيانات التشغيلية (بيانات داخلية)، حيث يتم تحميل هذه الأخيرة على مستودع البيانات كل فترة زمنية محددة (يوم أو أسبوع أو شهر..) بعد إخضاعها لعمليات التنقية والتحويل مثل عمليات حذف المكرر وإكمال النواقص وتصحيح الأخطاء وحل التناقض والدمج والاختصار والتجزئة والتنميط (Chaudhuri, S., & Dayal, U, 2026: 65-74). ("

كما يمكن الحصول على بيانات المستودع من مصادر خارجية بواسطة نظم التحريات الوظيفية وبعض نظم البحوث الوظيفية، وقد لا يقتصر تكامل مستودع البيانات على بيانات كافة فروع المنظمة فحسب بل يتعدى ذلك إلى التكامل الخارجي مع مستودعات بيانات أعضاء سلسلة التوريد Supply Chain.

وبعد أن يتم تخزين البيانات ذات الجودة العالية في مستودع البيانات يمكن للمستخدم استخدام أدوات الاستعلام والتقارير التقليدية، بالإضافة لإمكانية استخدام أداة المعالجة التحليلية الفورية (OLAP) للحصول على تقارير ومخططات تفاعلية. (Sathyapalan, 2026: 20)

• نظم معلومات التنفيذ (EIS):

توفر للإدارة العليا معلومات عن عوامل النجاح الحرجة وتقوم بتسهيل الانتقال من الإجمالي إلى التفصيلي، وتمثيل البيانات بيانياً.

• نظم دعم القرار المكاني:

تربط هذه النظم بيانات المنظمة ببيانات المواقع الجغرافية لفروعها وأنشطتها من خلال نظام المعلومات الجغرافي.

• وتصنف إلى نوعين (Al-Rashed, & Turban, 2026: 45-58) (Power, 2026 : 5301-5314) (Alaa et al, 2026: 142–158)

(1) نظم دعم القرارات المؤسسية:

تلك النظم التي تتعامل مع القرارات المتكررة دورياً، والتي تستخدم لفترات طويلة نسبياً، لحل المشكلات ذات الطبيعة المتماثلة مثل جداول الانتاج، تحليل السوق... الخ

(2) نظم دعم القرارات الخاصة:

ويتعامل هذه النظم مع مشكلات ليست متكررة دورياً، وقد تحدث لعدد محدود من المرات كـ: قرارات الاندماج ، قرارات التخطيط الاستراتيجي

• كما تم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات وفقاً لمستخدم النظام (Joey,)

Myelinda, 2024: 13-18 إلى:

(1) نظم دعم القرارات الفردية:

وتركز على وجود مستخدم (فرد)، ويؤدي نفس الأنشطة في اتخاذ القرارات، وقد تتكرر على فترات زمنية مختلفة.

(2) نظم دعم القرارات الجماعية:

يتم التركيز فيها على وجود مجموعة من الأفراد كمستخدمين للنظم، حيث يكون كل منهم مسؤول عن أداء مهام مستقلة عن تلك التي يؤديها الآخرون، ولكنهما مرتبطة بها لدرجة عالية جداً. "وهو نظام تفاعلي مبني على الحاسب يدعم مجموعة من الناس يتشاركون في مهمة واحدة، فيعملون مع بعضهم البعض كفريق ويستخدم لحل المشاكل غير المهيكلية".

(3) نظم دعم القرارات التنظيمية

يكون التركيز فيها على أداء مهام تنظيمية، وتتضمن تتابع العمليات، وتنتمي إلى مجالات وظيفية مختلفة، مثل القرارات المتعلقة بالتخطيط طويل الأجل.

ب: النظم الفرعية لنظم دعم القرار

(1) بالاتصالات

يتم استخدام تكنولوجيا الاتصالات ومختلف شبكاتها لمساعدة متخذ القرار في اتخاذ القرارات مثل المؤتمرات الفيديوية، برمجيات الجامعة... الخ

(2) بالنماذج الرياضية

(3) لإنجاز قرارات وعمليات متكررة، مثل الحجز في شركة الطيران.

(4) بالبينات

السماح للموظفين والاداريين بجمع البينات ويتفرغ من هذا النظام نظامين فرعيين: OLAP،

Data mining

(5) بالوثائق:

تميز هذه النظم بوجود قاعدة بيانات للمستندات وأداة للبحث، والت تعتمد على IT في البحث مثل الابحاث الجنائية والتاريخ والتدوين وتهدف تلك النظم إلى حفظ المستندات المهمة وتسهيل استرجاعها من قبل متخذ القرار وتحليلها.

(6) النظم الموجهة بالمعرفة لدعم القرارات KDDSS:

هي افضل نظم المعلومات تحتوى على نظام دعم معرفي يعمل بصورة مستقلة وتستخدم الذكاء الاصطناعي لاتخاذ القرارات, عندما تكون هناك مشكلة غير مهيكلة أو شبه مهيكلة بمعنى مركبة ومن الصعب حلها بنظم دعم القرار العادية وتحتاج لخبراء للمساعدة وهذا يستوجب استخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي للاستفادة من هذه الخبرات وربطها بنظم دعم القرار.

ولهذا تربط نظم دعم القرار المتقدمة بنظم إدارة المعرفة و تساعد على رفع أداء باقي أجزاء نظم دعم القرار. (مانع، 2021: 278)

وتتميز بوجود قاعدة معرفة تساعد في اكتشاف معارف جديدة مثل النظم الخبيرة والوكيل الذكي، أو من بيانات مستودع البيانات مثل التنقيب في البيانات. ويمكن أن تعمل تلك النظم على:

- المساعدة في اتخاذ قرارات تتطلب المعرفة من خبير متميز (النظام الخبير) أو تفويض بعض القرارات المتكررة أو التي تتطلب تواجد 24 ساعة إلى الوكيل الذكي (IA).
- توسيع دائرة المعارف لدى خبراء من خلال اكتشاف معارف جديدة وايضاً مديري الشركة في التنقيب في البيانات الهائلة للشركة.
- النظم المعتمدة على الويب في دعم القرار

ت- أهمية وفوائد نظم دعم القرار

يمكن إجمال أهمية وفوائد هذه النظم فيما يلي :

- (1) تتميز نظم دعم القرار بتطورها عن باقي أنظمة المعلومات الأخرى بدمجها بين التكنولوجيا وبحوث العمليات في اطار كفاءة متخذ القرار.
- (2) زيادة عدد البدائل وإمكانية اختيار البديل الأمثل من بين مجموعة البدائل المختبرة عن طريق توفير تحليل حساسية أكثر سرعة واستجابة أسرع. واستجابة أسرع. حيث تستطيع تقديم الدعم لسلسلة متعاقبة ومتراصة من القرارات، تقدم الدعم لجميع مراحل عملية صنع القرار.
- (3) الفهم الأفضل للأعمال، تمكن متخذي القرار من رؤية العلاقات ، والتي يمكن استخدامها لإعداد صورة شاملة للأعمال.

- (4) استجابة سريعة للمواقف غير المتوقعة ، مراجعة سهلة للنماذج والرؤية السريعة للمتغيرات.
- (5) القدرة على انجاز التحليل من أجل غرض معين ، توفير مجموعة من الوسائل والأساليب الفنية المتنوعة لإعداد التحاليل من أجل أغراض معينة.
- (6) تحسين الاتصالات والرقابة ، قنوات اتصال موثقة ومحسنة، وخطط أكثر اتساقاً وإجراءات حسابية.
- (7) تحسين جودة القرارات وذلك بتوفير البيانات والمعلومات وتحليلات دقيقة وبالتالي قرارات أفضل ، عمل جماعي أفضل ، فعالية واستخدام أفضل لموارد البيانات.

المبحث الثالث

تكامل نظم المعلومات في المؤسسات

تناول المبحث المحاور التالية :

أولاً: الاداء المؤسسي

ثانياً: تكامل نظم المعلومات

- أ- دور نظام المعلومات في المؤسسة
- ب- مفهوم تكامل نظم المعلومات

ثالثاً: أنواع تكامل الأنظمة

رابعاً: نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP)

المقدمة

تعد نظم المعلومات من اهم الادوات الحديثة في العصر الرقمي لتحسين اداء المنظمات وتعزيز قدرتها على التنافس مع المنظمات العالمية حيث تعتمد المنظمات حالياً على استخدام نظم المعلومات في ادارة بياناتها لتحقيق النجاح المؤسسي.

تلعب النظم المعلوماتية دوراً مهماً في تطوير الأداء المؤسسي عبر مختلف القطاعات، حيث تساعد على تحليل البيانات، تحسين العمليات، وزيادة الكفاءة التشغيلية، وذلك من خلال تطبيقها بشكل صحيح.

أصبح تكامل الأنظمة في ظل التحولات الرقمية المتسارعة الذي تشهده الحكومات في العالم من أهم العوامل الأساسية في تحقيق إدارة بيانات فعالة مما يسهل عملية اتخاذ القرارات ورفع مستوى الخدمات الحكومية.

ويعد تكامل الأنظمة ضروري مع انتشار الذكاء الاصطناعي، الحوسبة السحابية، الاتمته، انترنت الأشياء، تحليل البيانات... الخ في تحقيق مستويات غير مسبقة من التكامل والذكاء التشغيلي. و تقليل الأخطاء، وتسريع اتخاذ القرار.

ومع التحول الرقمي السريع في مختلف القطاعات، سيصبح تكامل المؤسسات من أهم وأبرز العوامل التي تحدد قدرة المؤسسات على النجاح والتوسع.

أولاً: الاداء المؤسسي

تسعى المؤسسات حالياً الى التميز وتبني نماذج التميز العالمي لتحقيق مستوى عالي من الفاعلية والكفاءة في كل مجالات الانشطة التنظيمية وبما يتناسب مع التغيرات الحاصلة في البيئة الداخلية والخارجية للمؤسسة .

ويعرف الاداء المؤسسي "محصلة التفاعل بين العناصر والنظم الفرعية لهذه المؤسسات في ضوء عوامل البيئة الداخلية (مثل: الموارد البشرية والمالية والفنية، نظم وسياسات العمل، الأبعاد التنظيمية والإدارية والتي تحدد قدرات وامكانيات الهيئات وعوامل البيئة الخارجية (قانونية سياسية، اقتصادية اجتماعية) والتي تفرض بواسطة البيئة المحيطة به" (الغامدي، 2024 :- 694- 695)

ثانياً: تكامل نظم المعلومات

تعاني معظم المؤسسات والشركات من مشكلة الأنظمة المنفصلة، حيث تعمل كل إدارة باستخدام أدوات وبرامج مختلفة بمعزل عن بعضها البعض داخل المؤسسات أو الشركات. ينتج عن ذلك

تكرار في البيانات، حدوث أخطاء في التقارير، بالتالي تأخر في اتخاذ القرار، وحدث ضعف في الكفاءة التشغيلية.

هنا يظهر أهمية دور تكامل النظم وذلك يربط جميع الأنظمة والعمليات داخل المؤسسة أو الشركة ضمن منصة موحدة، مما يسمح بانسيابية تدفق المعلومات بين مختلف الأقسام ويعزز من قدرة الإدارة على اتخاذ القرارات السريعة والدقيقة.

أ- دور نظام المعلومات في المؤسسة

اهم أدوار نظام المعلومات في المؤسسات والمنظمات؛ تشمل : (جانب الله، 2012: 113-130) (Ori & Szabo, 2026: 138-139) (fördÖta, 2014: 21-22) (Laudon, & Laudon, & Traver, 2026) (Afandi., 2026: 45-62) (149)

(1) تخزين المعلومات وتحليلها

أصبحت المؤسسات والمنظمات تعتمد على أنظمة المعلومات في إدارة بياناتها نتيجةً للتطور السريع في التكنولوجيا؛ وبدلاً من إدارة البيانات والمعلومات بشكل تقليدي ويدوي ، اتجهت المؤسسات نحو اعتماد قواعد البيانات المتقدمة والشاملة؛ التي تقدمها أنظمة المعلومات والتي تحتوي على جميع البيانات والمعلومات المطلوبة في إدارة أعمالها.

تقوم أنظمة المعلومات بتخزين جميع المعلومات وتحديثها بشكل مستمر وتحليلها؛ لتمكن المؤسسة من استخدامها فيما بعد؛ لغايات توفير الحلول للمشاكل الحالية أو المستقبلية، ودمج البيانات من داخل المؤسسات وخارجها، ليتمكن المؤسسة من مواكبة الأداء الداخلي ومواجهة التهديدات الخارجية للمؤسسة.

(2) تسهيل عمليات اتخاذ القرار

لأنظمة المعلومات القدرة على تقييم المعلومات من مصادرها المختلفة، ومنها المصادر الخارجية، والمعلومات التي تتعلق بالاقتصاد العام، وتحليل ومقارنة هذه البيانات. وبالتالي التأثير في عمليات اتخاذ القرارات الإدارية، والتحسين من جودتها .

(3) عمليات إدارة الأعمال داخل المؤسسة

يعمل اعتماد نظم المعلومات داخل المؤسسات على تبسيط العمليات الإدارية، وإلغاء جميع النشاطات غير المهمة، وإضافة ضوابط لعمليات الموظفين؛ مع ضمان حقوق الموظفين.

أهم فوائد هذه الانظمة هي:

- تقضي على المهام المتكررة داخل المؤسسات .
- زيادة الدقة في عملياتها الادارية.
- تركيز الموظفين على الوظائف عالية المستوى.
- تخطيط وتنفيذ المشاريع المهمة، داخل المؤسسة وذلك بمقارنتها بالمعايير المحددة داخل المؤسسة.

(4) التغيير السلوكي في المؤسسات

يساعد تطبيق نظام المعلومات في المؤسسة بشكل فعال على :

- عمليات التواصل بين أصحاب العمل والموظفين.
- ضمان الإشراف على تدفق المعلومات بين الإدارة والموظفين.
- يسمح لموظفي الخطوط الأمامية أن يكونوا جزءاً من عملية صنع القرار؛ وهذا مما يؤدي إلى زيادة شعورهم بالحماس، نحو إنجاز وتنفيذ مهامهم المختلفة.

(5) الامان

تساهم نظم المعلومات في تحقيق الامان من خلال تطبيق التدابير الأمنية مثل التشفير، الأمن السيبراني، الرقابة على الدخول، الحفاظ على سرية المعلومات، حماية البيانات الحساسة وهذا مما يؤثر بالإيجابي على سمعة واداء المؤسسة.

ب- مفهوم تكامل نظم المعلومات

تكامل النظم هو "عملية ربط جميع نظم المعلومات المستقلة عن بعضها بطريقة تمكنها من تبادل المعلومات داخل المؤسسة بحيث تعمل بشكل متكامل ومتناسق ضمن منظومة واحدة".

ويعرف هي " بنية متكاملة ونسيجاً مشتركاً من العلاقات البنوية والتي تستند على نظام ادارة قواعد البيانات أو نظام مستودع البيانات لدعم أنشطة الإدارة في التنظيم، والرقابة، والتخطيط ،

والتوجيه، واتخاذ القرارات تركز على خدمة الرؤية الاستراتيجية للمنظمة (Adam, Anders & Christian, 2015: 422-434).

الهدف من هذا التكامل هو إزالة الحواجز بين الأقسام المختلفة داخل المؤسسة بحيث يتم تبادل البيانات بشكل مباشر وفوري.

ومن أبرز الأسباب التي تدفع الشركات والمؤسسات إلى تبني تكامل المؤسسة:

(1) التخلص من الأنظمة المنفصلة

يضطر الموظفون إلى إدخال البيانات أكثر من مرة عندما تعمل الأنظمة بشكل منفصل مما يزيد من التعقيد في مهام إدارة المؤسسات، ولكن عند وجود تكامل الأنظمة في المؤسسة يكون هنالك مصدر واحد موثوق للبيانات.

(2) زيادة عدد الوحدات

يتولد عن زيادة عدد الوحدات التنظيمية بيانات كثيرة والتي تتطلب وجود نظام متكامل يربط هذه الوحدات ليسمح بتدفق البيانات والمعلومات بين هذه الوحدات

(3) تحسين سرعة اتخاذ القرار

تتمكن الإدارة من الوصول إلى المعلومات المطلوبة بشكل فوري عند تكامل الأنظمة، وهذا مما يساعد في اتخاذ قرارات صائبة مبنية على بيانات دقيقة.

(4) تقليل الأخطاء البشرية

هناك احتمالية حصول الخطأ عند إدخال البيانات بشكل تقليدي (يدويًا) في عدة أنظمة لكن تكامل الأنظمة يقلل بشكل كبير من هذه الأخطاء.

(5) تحسين كفاءة العمليات

التقليل من الوقت اللازم لإتمام المهام والتسريع من العمليات التشغيلية والذي يتولد عنه منافسة بين المؤسسات المختلفة.

ثالثاً: أنواع تكامل الأنظمة

أهم أنواع تكامل الأنظمة هي

(1) التكامل من نقطة إلى نقطة

هو أسلوب يربط بين نظامين مباشرةً باستخدام الميزات التي توفرها الأدوات والسمة الأساسية هو: يجب أن تراعي الأدوات ميزات بعضها البعض، وغالباً ما تراعي أيضاً الميزات المفقودة لدى كل منهما.

تفتقر هذه العمليات إلى تعقيد عمليات التكامل الكاملة، لكنها تربط نظامين يعملان معاً. عادةً ما تكون وظيفة واحدة، دون منطق أعمال معقد. غالباً ما توفر تطبيقات الحوسبة السحابية وحدات جاهزة خاصة بالمنتج، مصممة خصيصاً لأنظمة تكنولوجيا المعلومات الأكثر شيوعاً.



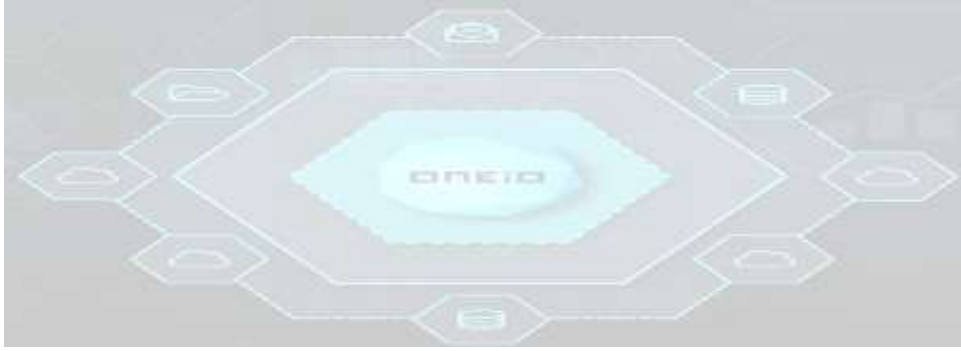
الشكل (51)

التكامل من نقطة إلى نقطة

(2) تكاملات المحور والفرع

تم تصميم نموذج المحور والفروع لمعالجة المشاكل التي يخلقها نموذج الاتصال المباشر عند التوسع. فوضع الشبكة المعقدة والمتشابكة يصعب الحفاظ عليه، حتى أن التغييرات الطفيفة قد تُعطل عمليات التكامل غير ذات الصلة. ولتجنب ذلك، يعمل المحور أو ناقل خدمات المؤسسة (ESB) كوسيط بين الأدوات.

وينتج عن التطوير والبرمجة اللازمة لتشغيلها مجموعة من عمليات التكامل التي لها نفس خصائص الاتصال المباشر بين نقطتين



الشكل(61)

تكاملات المحور والفرع

مثال على تكامل الأنظمة

- نظام الرواتب
- تتبع الوقت
- كشوف المرتبات
- محاسبة
- نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP)

رابعاً: نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP: Enterprise Resource

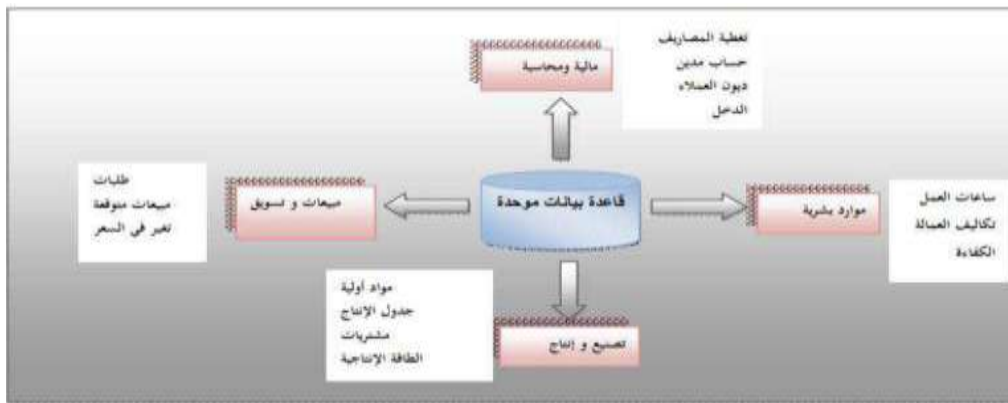
Planning

يُمثل نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP) جوهر المنظمات والشركات ولكي يعمل بفعالية، يجب أن يتصل بالأنظمة الأخرى في المؤسسة.

أ- مفهوم نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP)

العديد من التعاريف لأنظمة ERP منها تعريف (Willis, McMillan & Willis- 38: 2001) أنه " نظام متكامل يسمح للمؤسسة بتوحيد نظام معلوماتها من أجل أتمتة وربط عملياتها الأساسية ويزود المستخدمين بالمعلومات الضرورية لمراقبة وإدارة النشاطات الرئيسية للمؤسسة ويدخل المستخدمون المعلومات مرة واحدة وتكون المعلومة متاحة لجميع المؤسسة".

عرفها كلا من (كاوجة وديدة، 20: 219) نظام معلومات متكامل يدمج جميع وظائف المؤسسة (المحاسبة، والمالية، والمبيعات، والموارد البشرية، ادارة المخزون، الصيانة، الاعمال الالكترونية،...الخ) في قاعدة بيانات واحدة يوفر تدقق المعلومات من جميع الوظائف داخل المؤسسة بطريقة واضحة وباستمرار، بحيث يستطيع من خلالها مستخدمو النظام الوصول إلى معلومات دقيقة حول وضعية المؤسسة مما يساعد على اتخاذ القرارات الصحيحة وبذلك يساهم في تحسين أداء المؤسسة".



الشكل (17)

مفهوم نظام تخطيط موارد المؤسسات (ERP)

المصدر: (غياذ و العياشي، 2025: 361)

وتعرف هي "برنامج تسيير مدمج يجمع مجموعة من التطبيقات ومتناسقة مع بعضها البعض بهدف تحسين ودمج عمليات التسيير واضعاً قاعدة بيانات موحدة معتمداً على قواعد الإدارة القياسية" (عياشي، بومود و عياشي، 2023: 50).

وعرفها كلاً من (غياذ والعياشي، 2025: 360-361) "برنامج متكامل وشامل يربط جميع وظائف المؤسسة ضمن قاعدة بيانات موحدة تسهل لكل العمليات والوظائف في المؤسسة من استغلالها وفقاً للاحتياجات من البيانات والمعلومات من خلال مرونة المزايا والخيارات التي يمنحها البرنامج لكل مستخدم حسب مستواه الوظيفي واحتياجاته من تلك البيانات والمعلومات".



الشكل(81)

توحيد قاعدة البيانات في نظام تخطيط موارد المؤسسة

والشكل(19) يوضح مفهوم نظام تخطيط موارد المؤسسات من الناحية الوظيفية



الشكل(19)

مفهوم ERP من الناحية الوظيفية

المصدر: (لوايت ، 2021: 33)

واهم أنواعه هي :

1. نظم تخطيط موارد المؤسسات (ERP) المثبت محليًا.
2. نظام تخطيط موارد المؤسسات السحابي.
3. نظام تخطيط موارد المؤسسات الهجين.

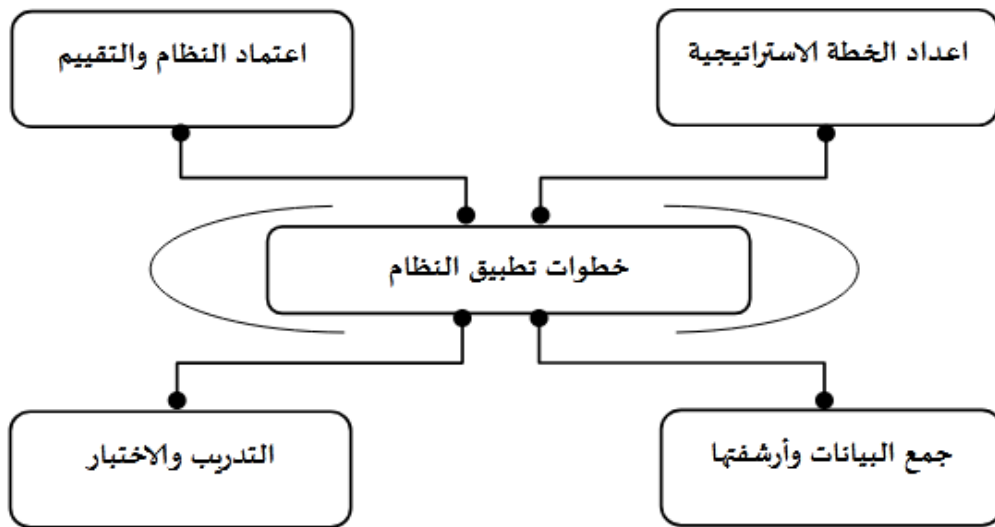
ب- خصائص نظام ERP

اهم خصائص نظام ERP (الطويل و يونس، (68-69: 2013) طاهري و بلولة، 2018: 220) هي:

1. المرونة
2. التكامل
3. معياري
4. الأداء الأفضل والانفتاح.
5. تقليل المخزون.
6. تقليل العاملين.
7. زيادة الانتاجية.
8. تحسين ادارة الاوامر
9. تقليل كلف تقانة المعلومات
10. تقليل كلف الشراء.
11. إدارة الاعمال
12. تحسين العمليات

ت- تطبيق نظام ERP

عملت شركة Datacor المختصة ببرمجيات إدارة الأعمال والتصنيع على تحديد اربع خطوات لتطبيق نظام ERP وكما موضح في الشكل(20)



الشكل (20)

خطوات تطبيق نظام ERP

المصدر: (سوامس ، لعريط ، ومحمد عبد الواحد، 2024: 8)



المصادر

- [1] 1. بن فرج زوبنة، و حسين، رحيم، 2014، "المخطط المحاسبي البنكي بين المرجعية النظرية وتحديات التطبيق"، مذكرة لنيل شهادة الدكتوراه علوم في العلوم الاقتصادية، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة فرحات عباس-سطيف، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، ص30.
- [2] 2. السديري، محمد بن احمد تركي، 2010، "مدخل إلى نظم المعلومات-مفاهيم واساسيات"، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص96.
- [3] 3. العمري، ايمن أحمد إبراهيم، 2009، "اثر نظم المعلومات الادارية المحوسبة على اداء العاملين في الشركة الاتصالات الفلسطينية"، رسالة ماجستير في إدارة الاعمال في كلية التجارة/ قسم ادارة الاعمال، جامع الاسلامية، غزة، فلسطين، ص33.
- [4] 4. ياسين، سعد غالب. (2005)، "الإدارة الالكترونية وآفاق تطبيقاتها العربية"، الإدارة العامة للطباعة والنشر، معهد الإدارة العامة، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص64.
- [5] 5. حمادي، ماجد إبراهيم، 2017، "تأثير تكنولوجيا ونظم المعلومات في نشاط الأسواق المالية حالة دراسية في سوق العراق الأوراق المالية"، مجلة دراسات محاسبية ومالية، المجلد 12، العدد 39، ص ص 260-286.
- [6] 6. الياسري، صباح محمد، 2015، "أثر شبكات الاتصال المحلية وتكنولوجيا المعلومات في إدارة وتبادل المعلومات في قواعد البيانات المكتبات العامة"، مجلة جامعة بابل، المجلد 23، العدد2، ص70.
- [7] 7. مقدود كنزة، 2022، "مدخل إلى مجتمع المعلومات"، جامعة البليدة، كلية العلوم الانسانية والاجتماعية، قسم العلوم الانسانية، ص4.
- [8] 8. الجاسم، جعفر، 2005، "تكنولوجيا المعلومات"، دار أسامة للنشر والتوزيع، عمان الاردن. ص24.

- [9] 9. اسماعيل، عماد أحمد، 2011، "خصائص نظم المعلومات واثرها في تحديد خيار المنافسة الاستراتيجية في الإدارتين العليا والوسطى-دراسة تطبيقية على مصارف التجارية العاملة في قطاع غزة"، رسالة ماجستير في ادارس الاعمال في كلية التجارة/ قسم إدارة الاعمال، جامعة إسلامية، فلسطين، ص29.
- [10] 10. الشيخ، صالح رياض و طاهر، حسن، 2014، "أمن نظم المعلومات والرقابة (التحكم)-"، ماجستير التأهيل والتخصص في الريادة والإدارة بالإبداع، جامعة دمشق، ص64.
- [11] 11. النجار، 2007، "نظم المعلومات الإدارية من منظور اداري"، الطبعة الثانية، دار حامد للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ص71.
- [12] 12. حسن، علاء الدين عبد الرحمن، (2011)، "استثمار الموارد البشرية مدخل لتحسين كفاءة العاملين في الحكومة الالكترونية وفاعليتهم"، مجلة المخطط والتنمية، معهد التخطيط الحضري والاقليمي للدراسات العليا، العدد24، جامعة بغداد، ص86.
- [13] 13. قلاوش، بسمة، (2015)، "دور نظم المعلومات في تحسين عملية بالمؤسسة الاقتصادية دراسة حالة: الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباءSPE"، رسالة ماجستير في ميدان حقوق والعلوم السياسية تخصص تنمية الموارد البشرية في كلية العلوم السياسية والعلاقات الدولية/ قسم التنظيم السياسي والاداري، جامع الجزائر3، الجزائر، ص47.
- [14] 14. صالح، حسام مالك، 2017، "دراسة تحليلية لنظم المعلومات واتخاذ القرارات وعلاقتها بقسمي النشاط الرياضي والمدرسي والنشاطات الطلابية"، مجلة جامعة ذي قار، المجلد12، العدد1، ص ص 93-104.
- [15] 15. بركات احمد، 2019، "مطبوعة مقياس الاتصال وانظمة المعلومات"، اطروحة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير، قسم مالية ومحاسبة، جامعة الجزائر، ص28.
- [16] 16. ميسرة خليل ادريس محمد، 2025، "أثر نظم المعلومات الإدارية في تحقيق الفاعلية التنظيمية: دراسة حالة قطاع الخدمات في السودان"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعي، العدد12، المجلد6، ص163.
- [17] 17. بن مسعود خديجة، 2017، "أثر نظام المعلومات في تجسيد مفهوم الإبداع بالمنظمات دراسة ميدانية بهيئة ولاية غرداية"، مذكرة تخرج لاستكمال متطلبات نيل شهادة ماستر أكاديمي، العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، جامعة غرداية، ص ص 37-39.
18. Shreyas Purkar, Dr. R. C. Jaiswal, Dr. M. V. Munot, 2023, "The Role of Management Information Systems in Organizations", GRADIVA REVIEW JOURNAL, VOLUME 9 ISSUE 9, 509-510.
19. Wilkinson, J. W., Cerullo, M. J., Raval, V., & Wong-On-Wing, B., 2000, "Accounting Information Systems: Essential Concepts and Applications", 4th ed., John Wiley & Sons, P.45
- [20] 20. فايزة احمد سلمان الزيود، 2023، "أساسيات تصميم قواعد البيانات"، مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية، مجلد9، ص ص 373-392.
- [21] 21. كرار يحيى سلمان دوحى، زينب سمير عبدالله قادر، وميسون علي حسين، 2024، "دور نظم المعلومات الإدارية والسياسية في إدارة الأزمات: بحث تحليلي لأراء عينة من المنتسبين في رئاسة جامعة النهرين"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، ص327.
- [22] 22. مهدي، ايمان آيت، 2019، "نظم إدارة قواعد البيانات العلائقية ودورها في تفعيل نظم مساندة القرار"، مجلة اشعاع للدراسات الاقتصادية-المجلد3، ص311.
- [23] 23. الشيخ، زيد فوزي أيوب و الحديثي، بسام محمد ياسين، 2019، "دور نظم المعلومات الإدارية في تقييم أداء الموظفين السنوي: دراسة ميدانية"، المجلة العراقية لتكنولوجيا المعلومات.. المجلد. 9، العدد3، ص62.

24. Adetunji, R. O., Singh, S., & Mkhize, P., 2023, Management information system maturity concerns in Nigeria public organizations. *Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 89(1), PP:1–14.
- [25]. 25. الملك ، نازك عبد الرحمن احمد ، 2026، "دور نظم المعلومات الإدارية في اتخاذ القرارات في قطاع الاتصالات دراسة حالة شركة الاتصالات السودانية(2020-2025)"، المجلد 7، العدد 5، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، ص 693.
- [26]. 26. بن الصغير الربيع، بوبحة سعاد، 2023، "نظم المعلومات الإدارية وأثرها على استراتيجية المؤسسة- دراسة حالة مؤسسة الصندوق الوطني للتأمينات الاجتماعية للعمال الأجراء وكالة ميله"، مذكرة مكملة لنيل شهادة الماستر، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، المركز الجامعي عبد الحفيظ بو الصوف ميله، معهد العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، قسم علوم التسيير، ص ص 16-17.
- [27]. 27. الصيرفي، محمد وعبد الغني حامد، 2006 ، "الاتصالات الدولية ونظم المعلومات"، مؤسسة لورد العالمية لشؤون الجامعة، البحرين، ص ص 100-115.
28. Ramadhan Maruta Pradana,Devi Purnamasari Sasongko ,Esa Mariya Puspitasari, Yurika,Fauzia Wardhani, Andi Kristanto, Syunu Trihantoyo,2026, "Management Information Systems and the Efficiency of Elementary School Administration: A Literature Review Based on Evidence-Based Research on Integrated Systems", Sekolah Dasar: Kajian Teori dan Praktik Pendidikan, Vol. 35, No.1, PP.87–99.
- [29]. 29. كنانة محي علي، 2025، "دور مستودع البيانات في عملية صنع القرار دراسة ميدانية مقارنة بين الجامعات السورية"، مجلة البحوث والدراسات الانسانية ، العدد 1، المجلد 19، ص ص 117-118.
30. Asaad, Bassel Anwar, Laura Mohammad Abbas, Madline Mohamad Jonbolat, 2022, "Relationship between Quality of Services and Electronic Soft Skills in Tourism Sector during the Corona Pandemic", *World Academics Journal of Management*, Vol. 10, Issue3, P.42.
- [31]. 31. معتوق حسن علي، 2016، "برامج التنمية الإدارية وأثرها على فاعلية اتخاذ القرارات" ، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع ، عمان . ص 9.
32. Dalal-Clayton, D. B., & Bass, S. ,2019,"The challenges of environmental mainstreaming: Experience of integrating environment into development institutions and decisions", *International Institute for Environment and Development - IIED* ,No.1, P.62.
- [33]. 33. الطائي، حسين جبر ، جبار ،نغم هادي ، و عبيس ،ديان صباح و سهيل، نوال رائد ، 2026، دور الذكاء الاصطناعي في اتخاذ القرارات الإدارية دراسة تحليلية ميدانية، مجلة منار الشارقة للدراسات والابحاث ، مجلد 4، العدد 1، ص 229.
- [34]. 34. سعيد ، مصطفى كامل و الكوسا ،عمر رهيف ، 2024، "دور نظم دعم القرار ((DSS في عملية دراسة مسحية لعينة من المدراء في كليات جامعة الموصل، مجلة بحوث مستقبلية، المجلد 24، العدد 1، ص 5.
- [35]. 35. السنوسي مؤمن احمد و محمد شيخ الدين عبد الله، 2024، "أثر التخطيط المالي في تعزيز جودة القرارات الإدارية في ظل التحول الرقمي: دراسة تطبيقية على الشركة المصرية للاتصالات للفترة 2023-2025"، مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية، المجلد 7، العدد 1، ص ص 1199-1200.

36. ovotný, J., & Kovář, M. ,2026, Decision Support Systems: A 20-year scoping review of characteristics, applications, and trends. *Czech Journal of Animal Science*, 71(5), PP.201–215.
37. Harrison, T., & Zhang, L. ,2026, Data-driven decision support systems in contemporary information systems: Strategic architectural frameworks and enterprise performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 39(2), PP.241–265.
38. Chaudhuri, S., & Dayal, U, 2026, An overview of data warehousing and OLAP technology, *ACM SIGMOD Record*, (1)26,PP.65-74.
39. Sathyapalan, P. ,2026, A Modern Data Warehouse—Driven Decision Support and Analytics Framework with Power BI. *IEEE Xplore Digital Library*,P.20.
40. Power, D. J. ,2026, Understanding Data-Driven Decision Support Systems. *ResearchGate Publications*, pp. 45–58
41. Al-Rashed, M., & Turban, E. (2026). Architecture of Enterprise Decision Support Systems in the Cloud Era, *Journal of Enterprise Information Management*, 39(2), 142–158.
42. Alaa Khalaf Hamoud, Marwah Kamil Hussein, Zahraa Alhilfi, Rabab Hassan Sabar,2021, Implementing data-driven decision support system based on independent educational data mart, *international Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, Vol.11, No.6, pp. 5301-5314
43. Joey G. Fernando, Myelinda Baldelovar,2024 Decision Support System: Overview, Different Types and Elements, *Technoarete Transactions on Intelligent Data Mining and Knowledge Discovery* ,Vol.2,No.2,PP.13-18.
- [44]. 44. مانع ،عبد الرحمن أحمد ،2021، أثر نظم دعم القرار (DSS) في ادارة الازمات بالتطبيق على شركة الاتصالات اليمنية(MTN)، مجلة جامعة عمران، المجلد 1، ص 278.
- [45]. 45. الغامدي ، خالد مسفر سعيد ،2024، أثر تكنولوجيا المعلومات في كفاءة الأداء المؤسسية الموارد البشرية بالتطبيق على وزارة الموارد البشرية - فرع بابل خلال العام2024، مجلة العلوم الانسانية والطبيعية، المجلد (6) العدد (11)، ص ص695-694.
- [46]. 46. جاب الله شافية،2012، "اهمية وفعالية نظام المعلومات في المؤسسة الاقتصادية"، مجلة دراسات في الاقتصاد والتجارة والمالية، المجلد2، ص ص 113-130
47. fërdÖta Berisha – Shaqiri,2014, "Management Information System and Decision-Making", *Academic Journal of Interdisciplinary Studie*, Vol. 3, No. 2, pp.21-22.
48. Laudon, K. C., Laudon, J. P., & Traver, C. G. (2026). "Management Information Systems: Managing the Digital Firm", (18th ed.). Pearson.
49. Ori, M., & Szabo, A. ,2026, "Strategic alignment of IT and business goals: A critical analysis of frameworks, information resource utilization, and collaborative governance. *International Journal of Engineering Technology Research & Management*, 10(2), 138-149

50. Afandi, R. (2026)," Strategic Information Systems and their role in enhancing the competitive advantage of business organizations", The Journal of Strategic Information Systems, 25(2), PP.45-62
51. Adam S. Maiga, Anders Nilsson, Christian Ax, 2015, "Relationships between internal and external information systems integration, cost and quality performance, and firm profitability", International Journal of Production Economics, Vol.169, PP. 422–434
52. Willis, T. H., Willis-Brown, A. H., & McMillan., A. ,2001, "Cost containment strategies for ERP system implementations", Production & Inventory Management Journal, 42(2), 36-44
- [53]. 53.كاوجة بشير وديدة كمال، 2021، "واقع تطبيق نظام تخطيط موارد المؤسسة واثره على الأداء التنظيمي للمؤسسة الوطنية للأشغال في الآبار"، المجلة الجزائرية للتنمية الاقتصادية، المجلد 8، العدد 1، ص.219
- [54]. 54. عياشي سومية، بومود إيمان و عياشي فاطمة الزهراء، 2023، "مساهمة برمجيات التسيير المدمجة في تفعيل التكامل المؤسسي"، مجلة التنمية والاستشراف للبحوث والدراسات، المجلد 8، العدد 1، ص.50.
- [55]. 55. غباد، كريمة ولعياشي زرزار، 2025، "اثر تطبيق نظام تخطيط موارد المؤسسة ERP على تحسين أداء المؤسسة: دراسة حالة مركب تكرير البترول المكثف سكيكة"، مجلة اقتصاد المال والأعمال، المجلد 10، العدد 2، جامعة الوادي، الجزائر، ص ص 360-361.
- [56]. 56. الطويل، أكرم أحمد رضا و يونس، بلال توفيق، 2013، "نظام تخطيط موارد المنظمة (ERP)، دار الحامد للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان الأردن، ص ص 68-69.
- [57]. 57. طاهري، فاطمة الزهراء و بلولة محمد اكرم، 2018، دور نظم تخطيط موارد المؤسسة في رفع القدرة التنافسية للمؤسسات الاقتصادية، مجلة الاقتصاد الزراعي، العدد 14، ص.220.
- [58]. 58. سوامس سوسن، لعريط كريمة، محمد عبد الواحد، 2024، "اثر تطبيق نظام تخطيط موارد المؤسسة ERP على جودة نظام المعلومات المحاسبي AIS دراسة ميدانية لمؤسسة SOMIK-سكيكة"، مذكرة مكملة لاستكمال متطلبات شهادة ماستر أكاديمي في العلوم المالية والمحاسبة، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، ص.8.

مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره

The Concept and Development of Artificial Intelligence

أ.م. شيماء هادي محمد

جامعة سومر - كلية الهندسة - العراق

الملخص

يتناول الفصل مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره التاريخي والمعرفي، بوصفه مدخلاً لفهم النظم القادرة على أداء مهام ترتبط عادة بالإدراك والتعلم والاستدلال وحل المشكلات. ويعرض تعدد تعريفات المجال، مميزاً بين المداخل التي تركز على التفكير أو الفعل، وعلى محاكاة الإنسان أو تحقيق السلوك العقلاني. ويساعد هذا التمييز على تفسير اختلاف الأهداف والأساليب التي اجتمعت تحت تسمية الذكاء الاصطناعي.

ويتتبع الفصل المحطات الرئيسية في نشأة المجال وتطوره، من الأسئلة المبكرة حول ذكاء الآلة واختبار تورنغ إلى التأسيس المؤسسي في مؤتمر دارتموث، ثم صعود الاتجاه الرمزي والنظم الخبيرة وفترات التراجع وتجدد الاهتمام بالتعلم الآلي. كما يناقش دور البيانات والقدرة الحاسوبية والشبكات العصبية والتعلم العميق في توسيع التطبيقات، وصولاً إلى الذكاء الاصطناعي التوليدي. ويعرض الفرق بين الأنظمة المتخصصة والطموح المتعلق بالذكاء العام، دون مساواة القدرات العملية الراهنة بمفهوم شامل للذكاء البشري.

وتربط المعالجة بين التطور التقني والتحديات المعرفية والأخلاقية، ومنها جودة البيانات والتحيز وقابلية التفسير والموارد اللازمة للتدريب والتشغيل. وتوضح أن فهم المجال يحتاج إلى قراءة تفاعل النظريات والخوارزميات والبنية الحاسوبية والسياق الاجتماعي، لا إلى سرد الإنجازات وحدها. ويقدم الفصل تأصيلاً مفاهيمياً وتاريخياً يمهّد لدراسة النظم الخبيرة والتطبيقات المجتمعية، مع إبراز تعدد المسارات وتغير حدود الإمكانيات والقيود. وتبقى المعالجة عرضاً تحليلياً للمفاهيم والمراحل، وليست تجربة لقياس أداء نظام جديد أو إثبات تحقق الذكاء العام.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ التعلم الآلي؛ الذكاء الرمزي؛ التطور التاريخي؛ التعلم العميق

Abstract

This chapter introduces artificial intelligence through its concept, historical development, and changing intellectual foundations. It considers systems that perform tasks associated with perception, learning, reasoning, and problem-solving. Different definitions are organized around approaches emphasizing thought or action and around human resemblance or rational performance. These distinctions help explain the diversity of goals and methods brought together within the field.

The chapter follows major stages of development, from early questions about machine intelligence and the Turing test to the Dartmouth meeting, symbolic approaches, expert systems, periods of reduced expectations, and renewed interest in machine learning. It discusses the contributions of data, computing capacity, neural networks, and deep learning to expanding applications, including generative artificial intelligence. Specialized systems are distinguished from the broader aspiration of general intelligence, without treating practical achievements as equivalent to the full range of human intelligence.

Technical development is connected to epistemic and ethical difficulties involving data quality, bias, interpretability, and the resources required for training and operation. The chapter argues for understanding the interaction of theories, algorithms, infrastructure, and social context rather than recounting achievements alone. Its contribution is a conceptual and historical foundation for subsequent examination of expert systems and societal applications. The account highlights multiple developmental paths and changing boundaries between capabilities and limitations. It is an analytical review of concepts and stages, not an experiment

evaluating a new system or evidence that artificial general intelligence has been achieved.

Keywords: Artificial intelligence; Machine learning; Symbolic intelligence; Historical development; Deep learning

يشكل هذا المبحث القاعدة المفاهيمية والتاريخية التي ينبني عليها الفصل بأكمله، إذ لا يمكن الخوض في تحليل النظم الخبيرة أو تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع دون تأصيل دقيق لمفهوم الذكاء الاصطناعي ذاته، ورصد مسار تطوره عبر العقود الماضية. ويسعى هذا المبحث، من خلال مطالبه الفرعية، إلى الإجابة عن جملة من الأسئلة الجوهرية: ما مفهوم الذكاء الاصطناعي وكيف يختلف عن الذكاء الطبيعي؟ وكيف نشأ هذا الحقل المعرفي وتطور عبر الزمن، وما أبرز محطاته التاريخية الفارقة؟ وما أبرز تصنيفاته ومجالاته الفرعية؟ وما أهمية دراسة هذا الموضوع، وما حدوده وتحدياته الراهنة التي تمهد لفهم موضوعات المبحثين اللاحقين؟ وتتبع منهجية معالجة هذا المبحث من مبدأ التدرج المنطقي من العام إلى الخاص: فيبدأ بتحديد المفهوم وضبط حدوده الاصطلاحية، ثم ينتقل إلى تتبع مساره التاريخي بوصفه سياقاً تفسيريًا ضروريًا لفهم واقعه الراهن، ثم يعرض تصنيفاته وأهدافه ومجالاته الفرعية، وينتهي بعرض أهميته وحدوده، بما يهيئ الأرضية المفاهيمية اللازمة للانتقال إلى المبحث الثاني الذي يتناول أحد أهم فروع التطبيقية التاريخية، وهو النظم الخبيرة والذكاء الرمزي.

المطلب الأول: مفهوم الذكاء الاصطناعي

1. التعريف اللغوي والاصطلاحي

يتكون مصطلح الذكاء الاصطناعي من لفظين: الذكاء، وهو في اللغة العربية يدل على حدة الفهم وسرعة إدراك الأشياء وربط العلاقات بينها؛ والاصطناعي، وهو نسبة إلى الصنعة أو الإتقان المتعمد، بمعنى أنه ذكاء غير فطري وإنما ذكاء مُصنَّع ومُهندَس بفعل الإنسان عبر أدوات حاسوبية. أما اصطلاحًا، فقد تعددت التعريفات التي قدمها الباحثون لهذا المفهوم بحسب الزاوية التي ينظرون منها إليه؛ فمنهم من عرّفه من زاوية العملية الإنتاجية، ومنهم من عرّفه من زاوية الهدف المعرفي، ومنهم من ركّز على الأداء الوظيفي للآلة.

فمن حيث العملية الإنتاجية، يُعرّف الذكاء الاصطناعي بأنه العلم الذي يُعنى بصناعة آلات قادرة على القيام بتصرفات يعتبرها الإنسان تصرفات ذكية، أي محاكاة الأداء الظاهري للذكاء البشري دون اشتراط أن تكون الآلية الداخلية للمعالجة مطابقة لآلية الدماغ البشري (1). ويُنسب إلى جون مكارثي، أحد الآباء المؤسسين لهذا الحقل، أنه صاغ المصطلح للمرة الأولى سنة 1955 للدلالة على علم وهندسة صنع آلات ذكية (5)، وهو تعريف إجرائي واسع يفتح المجال أمام تعدد التطبيقات والمقاربات.

ومن حيث الهدف المعرفي، ينظر بعض الباحثين إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه علماً يسعى إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني ذاته عبر محاولة إعادة بنائه اصطناعياً في صورة برامج حاسوبية قادرة على محاكاة السلوك الإنساني المتسم بالذكاء (4)، وهو تعريف يربط بين الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة تطبيقية، وبين علوم الإدراك والفلسفة والنفس بوصفها روافد نظرية تغذي هذا الحقل. أما من حيث الأداء الوظيفي، فيتحدد الهدف من الذكاء الاصطناعي في إنشاء أنظمة ذاتية التعلم قادرة على استخلاص المعاني والأنماط من البيانات، ثم توظيف تلك المعرفة المكتسبة لاحقاً في حل مشكلات جديدة بطرائق تحاكي أسلوب الإنسان في التفكير، سواء عبر الاستجابة الهادفة للمحادثات البشرية، أو توليد نصوص وصور أصلية، أو اتخاذ قرارات آنية مبنية على معالجة البيانات في الوقت الفعلي (5).

ويلحظ الباحث في هذه التعريفات مجتمعة أنها، رغم تعدد صياغاتها، تتقاطع عند ثلاثة عناصر جوهرية: أولها، أن الذكاء الاصطناعي فرع من فروع علوم الحاسوب يعتمد أساساً على البرمجة والخوارزميات؛ وثانيها، أن غايته محاكاة وظائف معرفية بشرية كالإدراك والاستدلال والتعلم وحل المشكلات؛ وثالثها، أن معيار الحكم على ذكاء النظام هو معيار وظيفي أدائي، أي مدى قدرته على إنجاز مهمة بطريقة يعدّها الإنسان ذكية، بصرف النظر عن الآلية الداخلية التي تحقق بها هذا الأداء.

1- أربع مقاربات تصنيفية للتعريفات

يمكن ردّ معظم التعريفات المتداولة للذكاء الاصطناعي في الأدبيات المتخصصة إلى أربع مقاربات رئيسية تتقاطع فيها معايير الأداء الظاهري ومعايير المطابقة الداخلية لعملية التفكير الإنساني. تتمثل المقاربة الأولى في التفكير كالإنسان (Thinking Humanly)، وتُعنى بمحاكاة

العمليات المعرفية الداخلية للدماغ البشري، كما هو الحال في نماذج الشبكات العصبية التي تستلهم بنيتها من الخلايا العصبية البيولوجية. وتتمثل المقاربة الثانية في التفكير المنطقي الرشيد (Thinking Rationally)، وتُعنى بصياغة قوانين صورية للاستدلال الصحيح يمكن للآلة اتباعها بغض النظر عن مطابقتها لأسلوب تفكير الإنسان الفعلي. وتتمثل المقاربة الثالثة في التصرف كالإنسان (Acting Humanly)، وتعتمد على معيار سلوكي خارجي يتمثل في اختبار تورينج المشار إليه سابقًا. أما المقاربة الرابعة فتتمثل في التصرف الرشيد (Acting Rationally)، وتُعنى ببناء عملاء حاسوبيين قادرين على اتخاذ القرار الأمثل الذي يحقق أهدافهم بصرف النظر عن مطابقة أسلوبهم لأسلوب التفكير البشري من عدمه، وهي المقاربة التي تحظى بقبول واسع في الأدبيات المعاصرة لكونها أكثر قابلية للقياس الهندسي الموضوعي من غيرها.

وتنعكس هذه المقاربات الأربع على طبيعة الأبحاث والتطبيقات التي أفرزها كل اتجاه؛ فبينما ركزت مدرسة التفكير كالإنسان على محاكاة الإدراك المعرفي بدقة تشريحية أقرب إلى علم الأعصاب الحاسوبي، اتجهت مدرسة التصرف الرشيد إلى بناء أنظمة هندسية عملية تُقَيَّم بمعيار الأداء الوظيفي فقط، وهو الاتجاه الذي هيمن على معظم التطبيقات التجارية للذكاء الاصطناعي في العقود الأخيرة.

2. التمييز بين الذكاء الطبيعي والذكاء الاصطناعي

يقنضي التأسيس العلمي لمفهوم الذكاء الاصطناعي التمييز بينه وبين الذكاء الطبيعي (البشري) الذي يُعد أصل المحاكاة ومصدر الإلهام له. فالذكاء الطبيعي نتاج تطور بيولوجي معقد يقوم على الدماغ والجهاز العصبي، ويتميز بالوعي الذاتي، والقدرة على الشعور والتحفيز الذاتي، والمرونة في التعامل مع سياقات غير مسبقة دون الحاجة إلى بيانات تدريبية صريحة. أما الذكاء الاصطناعي فهو نتاج هندسي محسوب، يقوم على معالجة رمزية أو إحصائية للبيانات ضمن حدود ما صُمم أو دُرِّب من أجله، ولا يمتلك وعيًا ولا انفعالات ولا دافعية ذاتية، بل يحاكي مخرجات السلوك الذكي دون أن يمتلك بالضرورة الأساس الإدراكي أو الشعوري الذي يصاحب هذا السلوك لدى الإنسان.

ومع ذلك، فإن هذا الفارق الجوهرى لا ينفي وجود علاقة تكاملية عميقة بين الحقلين؛ إذ استلهمت نماذج الذكاء الاصطناعي، ولا سيما الشبكات العصبية الاصطناعية، بنيتها الأساسية من الفهم البيولوجي لعمل الخلايا العصبية وتشابكاتها، بينما أسهمت أبحاث الذكاء الاصطناعي بالمقابل في تطوير نماذج حاسوبية ساعدت علماء الأعصاب والنفس المعرفي على اختبار فرضياتهم حول آليات الإدراك والتعلم البشري.

ويمكن إجمال أبرز الفروق بين النوعين في ثلاثة محاور رئيسية: أولها محور الأصل والنشأة، فالذكاء الطبيعي نتاج تطور بيولوجي تراكمي امتد عبر ملايين السنين، بينما الذكاء الاصطناعي نتاج هندسي مصمم عمدًا خلال عقود معدودة؛ وثانيها محور آلية العمل، فالذكاء الطبيعي يقوم على شبكة بيولوجية من الخلايا العصبية تعمل بالتوازي وبكفاءة طاقوية عالية، بينما يقوم الذكاء الاصطناعي على معالجات إلكترونية ونماذج رياضية تستهلك طاقة أكبر بكثير نسبيًا لأداء مهام مماثلة؛ وثالثها محور المرونة والتعميم، فالذكاء الطبيعي يتميز بمرونة استثنائية في التكيف مع سياقات جديدة كليًا لم يسبق له التعرض لمثل لها، بينما يظل الذكاء الاصطناعي، في صورته الضيقة الغالبة اليوم، محدود القدرة على التعميم خارج نطاق البيانات التي دُرِّب عليها.

3. خصائص الذكاء الاصطناعي ومقوماته

يتميز الذكاء الاصطناعي، في صورته التطبيقية المعاصرة، بجملة من الخصائص التي تميزه عن البرمجيات التقليدية، يمكن إجمالها فيما يأتي:

- القدرة على التعلم من البيانات والتجربة، بدلًا من الاعتماد الحصري على تعليمات مبرمجة سلفًا لكل حالة على حدة.
- القدرة على الاستدلال واتخاذ القرار في ظل حالات من عدم اليقين أو نقص المعلومات.
- القدرة على التكيف مع معطيات جديدة وتحسين الأداء تدريجيًا كلما توافرت بيانات إضافية.
- القدرة على معالجة كميات هائلة من البيانات بسرعة تفوق قدرة الإنسان، مع استخلاص أنماط دقيقة منها.
- القابلية للتفاعل مع البيئة المحيطة عبر مستشعرات أو واجهات إدخال وإخراج، سواء في صورة برمجية بحتة أو في هيئة مادية كالروبوتات.

وتشكل هذه الخصائص مجتمعة معيار التمييز بين نظام حاسوبي ذكي بالمعنى الاصطلاحي، وبين برنامج تقليدي ينفذ تعليمات ثابتة مسبقة الصياغة دون قدرة على التعلم أو التكيف.

4. معايير الحكم على ذكاء النظام الحاسوبي

لا يكفي أن يُنتج نظام حاسوبي مخرجات صحيحة حتى يُوصف بأنه ذكي بالمعنى الاصطلاحي الدقيق؛ فقد اجتهد الباحثون في وضع معايير إجرائية للحكم على هذا الوصف. ويظل اختبار تورينج، الذي سبقت الإشارة إليه، أشهر هذه المعايير وأكثرها تداولاً، إذ يقوم على معيار سلوكي خارجي محض: فإذا تعذر على محاور بشري التمييز بين ردود الآلة وردود الإنسان في حوار نصي، اعتُبرت الآلة ناجحة في اجتياز الاختبار. غير أن هذا المعيار السلوكي لم يسلم من النقد الفلسفي؛ إذ يرى بعض الفلاسفة أن اجتياز الآلة للاختبار لا يعني بالضرورة أنها تفهم ما تقوله أو تعي مضمونه، بل قد تكون بارعة في محاكاة الأنماط اللغوية دون إدراك دلالي حقيقي لما تعالجه. وقد أسهم هذا الجدل الفلسفي في بلورة التمييز بين الذكاء الاصطناعي الضعيف القائم على محاكاة السلوك الذكي، والذكاء الاصطناعي القوي الذي يفترض امتلاك الآلة فهماً حقيقياً وحالات عقلية فعلية، وهو تمييز سيتضح أثره جلياً في تصنيفات الذكاء الاصطناعي التي سيتناولها المطلب الثالث من هذا المبحث.

5. العلاقة بين الذكاء الاصطناعي والعلوم المجاورة

ينهل الذكاء الاصطناعي من حقول معرفية متعددة، ويسهم في إثرائها بالمقابل، بما يجعله حقلاً بينياً بامتياز. فمن علوم الرياضيات والمنطق، استمد أدواته الصورية في التمثيل والاستدلال، من نظرية الاحتمالات إلى الجبر الخطي الذي تقوم عليه نماذج التعلم العميق. ومن علوم الحاسوب والهندسة، استمد بنيته التنفيذية من خوارزميات وبنى حاسوبية متخصصة. ومن علم النفس المعرفي وعلوم الأعصاب، استلهم نماذج تفسيرية لآليات الإدراك والتعلم والذاكرة لدى الإنسان، ووظفها في تصميم بنى حاسوبية كالشبكات العصبية الاصطناعية. ومن اللسانيات، استفاد في تطوير نماذج معالجة اللغة الطبيعية وفهم البنى النحوية والدلالية. ومن الفلسفة، وبخاصة فلسفة العقل والمنطق، استمد أطره النظرية حول ماهية الذكاء والوعي وحدود المحاكاة الآلية للعقل البشري. وهذا التداخل المعرفي يفسر كون أبحاث الذكاء الاصطناعي، منذ نشأتها، جمعت بين

رياضيين ومهندسين وفلاسفة وعلماء نفس وأعصاب في فريق بحثي واحد، كما كان الحال في مؤتمر دارتموث الذي سيأتي تفصيله في المطلب التالي.

6. أبرز رواد الذكاء الاصطناعي المؤسسين

لا يكتمل التأصيل المفاهيمي لهذا الحقل دون التعريف الموجز بأبرز الشخصيات العلمية التي أرسيت دعائمه النظرية والمنهجية. فمن أبرز هؤلاء الرواد ألان تورينج، عالم الرياضيات البريطاني الذي وضع الأساس النظري لفكرة الحوسبة القابلة للمحاكاة واقترح اختباره الشهير الذي حمل اسمه. ومنهم جون مكارثي، الذي يُنسب إليه صياغة مصطلح الذكاء الاصطناعي ذاته سنة 1955، وأسهم لاحقًا في تطوير أحد أوائل لغات البرمجة الرمزية المتخصصة في هذا الحقل. ومنهم مارفن مينسكي، الذي أسهم في تأسيس أحد أعرق مختبرات الذكاء الاصطناعي الأكاديمية، وقدم إسهامات نظرية مهمة في تمثيل المعرفة. ومنهم كلود شانون، مؤسس نظرية المعلومات التي شكّلت أساسًا رياضيًا لا غنى عنه لمعالجة البيانات وترميزها في الأنظمة الحاسوبية. ومنهم ألن نيويل وهيربرت سيمون، اللذان طورًا معًا برنامج حلول عامة للمشاكل وصاغًا فرضية أنظمة الرموز الفيزيائية التي شكّلت الأساس النظري للذكاء الاصطناعي الرمزي الذي سيكون محور المبحث الثاني من هذا الفصل. ويكشف استعراض هذه الأسماء عن الطابع البيني لهذا الحقل منذ نشأته، إذ جمع بين رياضيين ومهندسين وعلماء نفس معرفي في مشروع علمي واحد.

المطلب الثاني: النشأة والتطور التاريخي للذكاء الاصطناعي

لا يمكن فهم واقع الذكاء الاصطناعي الراهن دون العودة إلى جذوره التاريخية التي تمتد لعقود، إذ مر هذا الحقل بمسار متعرج من موجات الحماس الشديد وموجات الركود العلمي والتمويلي، قبل أن يستقر على وتيرة تطور متسارعة في العقد الأخير. ويمكن تقسيم هذا المسار إلى المراحل الآتية:

1. الجذور الفكرية والفلسفية المبكرة

تمتد الجذور الفكرية لفكرة الآلة المفكرة إلى تأملات الفلاسفة الكلاسيكيين حول طبيعة العقل والمنطق وإمكانية اختزال التفكير الإنساني إلى قواعد صورية قابلة للحوسبة. غير أن الانطلاقة

العلمية الفعلية لهذا الحقل ارتبطت بمنتصف القرن العشرين، حين بدأت الدراسات الجادة حول إمكانية محاكاة التفكير الإنساني آلياً داخل مدرسة فكرية عُرفت بالاتصالية، والتي اهتمت بدراسة عملية التفكير ذاتها بوصفها شبكة من الإشارات القابلة للنمذجة (3).

2. ألان تورينج واختبار الآلة المفكرة (1950)

شكّلت ورقة عالم الرياضيات البريطاني ألان تورينج، المنشورة سنة 1950 بعنوان الحوسبة والذكاء، نقطة تحول مفصلية في تاريخ هذا الحقل، إذ طرح فيها تساؤلاً جوهرياً حول إمكانية أن تفكر الآلة، واقترح اختباراً عملياً يقوم على محاور الآلة دون معرفة مسبقة بطبيعتها، بحيث تُعد الآلة ناجحة في إظهار سلوك ذكي إذا تعذر على المحاور تمييزها عن الإنسان (3). وقد ظل هذا الاختبار، المعروف باختبار تورينج، معياراً مرجعياً مركزياً في أبحاث الذكاء الاصطناعي لعقود لاحقة، رغم ما وُجّه إليه من انتقادات منهجية تتعلق باكتفائه بالمظهر السلوكي للذكاء دون سبر أغواره الداخلية (9).

3. مؤتمر دارتموث (1956): الحدث التأسيسي للحقل

يُجمع مؤرخو العلم على أن ورشة عمل دارتموث الصيفية التي عُقدت سنة 1956 في كلية دارتموث بولاية نيوهامبشير الأمريكية تمثل الحدث التأسيسي الرسمي للذكاء الاصطناعي بوصفه تخصصاً علمياً مستقلاً، حتى إنها وُصفت في الأدبيات بالمؤتمر الدستوري للذكاء الاصطناعي (7)). وقد نظم هذه الورشة أربعة من العلماء هم جون مكارثي ومارفن مينسكي وكلود شانون وناثانيال روتنستر، ويُعدّون من الآباء المؤسسين لهذا الحقل (7)، وتقدموا بمقترح إلى كلية دارتموث لعقد دراسة صيفية مدتها شهران يشارك فيها عشرة باحثين لاختبار فرضية مفادها أن كل جانب من جوانب التعلم أو أي سمة أخرى من سمات الذكاء يمكن، من حيث المبدأ، وصفه بدقة تسمح بمحاكاته آلياً (10).

ولم يحضر الورشة جميع من دُعي إليها، غير أن من حضر منها أرسى، عبر نقاشات استمرت نحو ستة إلى ثمانية أسابيع في هيئة عصف ذهني موسع، الأسس المفاهيمية والمصطلحية لعلم الذكاء الاصطناعي، وأصبح المقترح المطروح فيها معروفاً لاحقاً بفرضية أنظمة الرموز الفيزيائية التي صاغها كل من ألن نيويل وهربرت سيمون (9). وقد أعقب هذا المؤتمر تفاؤل

علمي وحكومي كبير، إذ توقع كثير من الباحثين إمكانية بناء آلة تضاهي الذكاء البشري الكامل في أقل من عشرين عامًا، وهو ما دفع جهات تمويل حكومية، وعلى رأسها وكالة مشاريع البحوث المتقدمة الدفاعية الأمريكية (داربا)، إلى ضخ استثمارات ضخمة في هذا المجال الناشئ (9).

4. مرحلة الازدهار الأول وبداية القيود (الستينيات والسبعينيات)

شهدت فترة الستينيات ما يمكن تسميته بالطفرة الأولى للذكاء الاصطناعي، إذ توالى الإنجازات في مجالات حل المشكلات الرمزية والألعاب المنطقية وبرامج الترجمة الآلية المبكرة، مدعومة بتمويل حكومي سخي وتفاؤل علمي واسع. غير أن هذه الموجة من الحماس اصطدمت في مطلع السبعينيات بقيود الحوسبة آنذاك من حيث محدودية القدرة المعالجة وسعة الذاكرة، إضافة إلى صعوبة معالجة مسائل العالم الحقيقي المعقدة التي تتجاوز الألغاز المصغرة التي نجحت فيها الأنظمة المبكرة. وقد أدى تراجع النتائج عن التوقعات المعلنة إلى تقليص التمويل الحكومي بشكل حاد، فيما عُرف لاحقًا في أدبيات الحقل بشتاء الذكاء الاصطناعي الأول.

ومن أبرز الإنجازات الرمزية لهذه المرحلة المبكرة برنامج حلول عامة للمشاكل الذي طوره كل من آلن نيويل وهربرت سيمون سعيًا لبناء آلية عامة قابلة للتطبيق على أصناف متعددة من المسائل المنطقية، وكذلك البرامج الحوارية المبكرة التي حاولت محاكاة أسلوب المعالج النفسي في الحوار مع المستخدم، والتي كشفت رغم بساطتها التقنية عن مدى قابلية الإنسان للتفاعل مع الآلة وكأنها محاور فاهم، وهي ملاحظة ظلت محل تأمل في أدبيات علم النفس الاجتماعي للتقنية حتى اليوم.

5. عصر النظم الخبيرة وانتعاش الثمانينيات

عاد الاهتمام بالذكاء الاصطناعي إلى الواجهة خلال عقد الثمانينيات مع ظهور النظم الخبيرة بوصفها تطبيقًا تجاريًا ناجحًا يعتمد على تفسير معرفة الخبراء البشريين في قواعد معرفة صريحة يمكن للآلة الاستدلال منها؛ وهو الموضوع الذي سيقود له المبحث الثاني من هذا الفصل تفصيلًا واسعًا. غير أن هذه الطفرة الثانية اصطدمت هي الأخرى، مع نهاية الثمانينيات ومطلع التسعينيات، بمحدودية النظم الخبيرة في التعامل مع المعرفة غير المهيكلة والسياقات المتغيرة،

إضافة إلى كلفة صيانتها المرتفعة، مما أدى إلى موجة ركود ثانية عُرفت بشتاء الذكاء الاصطناعي الثاني.

ومن أبرز التطبيقات التي جسدت نجاح النظم الخبيرة تجاريًا خلال هذه المرحلة أنظمة التشخيص الطبي المتخصصة التي أسهمت في اقتراح خطط علاجية بناءً على أعراض مدخلة يدويًا مقارنة بقاعدة معرفة مستمدة من خبرة أطباء متخصصين، وأنظمة تكوين الحواسيب التي ساعدت الشركات على تحديد مكونات الأنظمة الحاسوبية المناسبة لاحتياجات كل زبون تلقائيًا، مما وفر ملايين الدولارات سنويًا على الشركات التي تبنتها. غير أن اعتماد هذه الأنظمة الكامل على قواعد مصاغة يدويًا جعلها هشة أمام أي موقف يخرج عن نطاق القواعد المبرمجة سلفًا، وهو ما سيأتي تفصيله بإسهاب في المبحث الثاني من هذا الفصل.

6. التحول الإحصائي وصعود تعلم الآلة (التسعينيات وما بعدها)

شهد عقد التسعينيات وما تلاه تحولًا منهجيًا جوهريًا في الحقل، إذ تراجعت الهيمنة النسبية للمقاربات الرمزية القائمة على القواعد المنطقية الصريحة، لصالح مقاربات إحصائية واحتمالية قائمة على التعلم من البيانات، وهو ما عُرف بتعلم الآلة (Machine Learning). وقد استفادت هذه المرحلة من التراكم الهائل في البيانات الرقمية المتاحة، ومن التطور المتسارع في القدرات الحاسوبية، مما مكّن الباحثين من تدريب نماذج قادرة على استخلاص الأنماط من البيانات دون الحاجة إلى برمجة كل قاعدة استدلال يدويًا.

ومن اللحظات الرمزية الدالة على نضج هذه المرحلة انتصار الحاسوب على بطل العالم في الشطرنج في أواخر التسعينيات، وهو حدث حظي باهتمام إعلامي واسع أعاد إحياء النقاش العام حول حدود وقدرات الذكاء الاصطناعي، رغم أن الأسلوب المتبع في ذلك النظام اعتمد أساسًا على قوة الحوسبة في البحث ضمن فضاء الحالات الممكنة أكثر من اعتماده على تعلم آلي بالمعنى الحديث للكلمة.

7. ثورة التعلم العميق والبيانات الضخمة (2010 وما بعدها)

مثل العقد الثاني من الألفية الثالثة نقطة تحول حاسمة بفضل نضج تقنيات التعلم العميق القائمة على الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات، إذ حققت هذه النماذج قفزات نوعية في مهام

التعرف على الصور والأصوات ومعالجة اللغات الطبيعية، متفوقة على المقاربات التقليدية بفارق كبير. وقد تضافرت في إحداث هذه القفزة ثلاثة عوامل رئيسية: توافر بيانات ضخمة رقمية غير مسبقة، وتطور القدرة الحاسوبية بفضل معالجات الرسومات المتخصصة، وتحسن الخوارزميات ذاتها. وقد أصبح الذكاء الاصطناعي بذلك واحدًا من أبرز التقنيات المحورية في القرن الحادي والعشرين، إذ يتمثل هدفه الجوهري في محاكاة القدرات الذهنية البشرية من تفكير وتحليل وتعلم من خلال الأنظمة الحاسوبية (2).

وتُعد سنة 2012 محطة فارقة في هذا السياق، إذ حقق نظام قائم على الشبكات العصبية التلافيفية قفزة نوعية في دقة التعرف على الصور ضمن إحدى أشهر مسابقات الرؤية الحاسوبية العالمية، متفوقًا بفارق واضح على جميع الأساليب التقليدية المتنافسة آنذاك، وهو ما دفع كبرى الشركات التقنية إلى ضخ استثمارات ضخمة في أبحاث التعلم العميق. وأعقب ذلك سلسلة من الإنجازات المتلاحقة، من بينها تطوير أنظمة قادرة على التفوق على أبطال العالم في ألعاب استراتيجية بالغة التعقيد كلعبة الغو، وهي ألعاب كانت تُعد حتى وقت قريب بعيدة المنال حاسوبياً لضخامة فضاء الاحتمالات فيها مقارنة بالشطرنج.

8. الطفرة التوليدية المعاصرة

تشهد السنوات الأخيرة موجة جديدة من التطور تتمثل في بروز نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدي القادرة على إنتاج نصوص وصور وأصوات ومقاطع فيديو أصلية، وعلى التفاعل الحوارية مع المستخدم بلغة طبيعية قريبة من أسلوب الإنسان. وترتكز هذه النماذج على بنى حاسوبية متقدمة قادرة على معالجة سياقات نصية طويلة ومعقدة، وعلى التدريب على كميات هائلة من النصوص والصور المتاحة رقمياً، بما مكنها من إنتاج مخرجات تتسم بدرجة عالية من التماسك اللغوي والدلالي تجعلها صعبة التمييز، في كثير من الأحيان، عن مخرجات بشرية أصيلة.

وقد انعكس هذا التطور على حقل البحث العلمي والدراسات الإنسانية على حد سواء، إذ ظهرت مبادرات لتطوير نماذج لغوية ضخمة مدربة على مئات الملايين من المقالات لتوليد إجابات دقيقة باللغة العربية، بما يخدم الباحثين والمستخدمين في العالم العربي (4). كما أفرزت هذه الطفرة تطبيقات نوعية في مجالات المساعدة البحثية وتوليد المسودات الأولى للنصوص وتلخيص

الأدبيات العلمية وترجمتها، بما بدأ يعيد تشكيل بعض ممارسات العمل الأكاديمي والمهني التقليدية. وفي المقابل، أثارت هذه الطفرة إشكاليات معرفية وأخلاقية جديدة تتعلق بالملكية الفكرية، ودقة المعلومات المولدة آليًا وموثوقيتها، وأثر هذه التقنيات على المهارات المعرفية للمستخدمين على المدى البعيد. وسيتأتي تفصيل هذه التطبيقات المعاصرة وانعكاساتها المعرفية والمجتمعية بصورة موسعة في المبحث الثالث من هذا الفصل.

المطلب الثالث: تصنيفات الذكاء الاصطناعي

تتعدد معايير تصنيف الذكاء الاصطناعي بحسب الزاوية التي يُنظر منها إلى النظام الذكي؛ فثمة تصنيف يقوم على معيار اتساع النطاق المعرفي الذي يغطيه النظام، وتصنيف آخر يقوم على معيار الوظيفة الإدراكية التي يؤديها. وفيما يأتي عرض لكلا التصنيفين:

1. التصنيف وفق اتساع النطاق المعرفي

أ. الذكاء الاصطناعي الضيق أو التطبيقي (Narrow / Applied AI): ويُقصد به الأنظمة المصممة خصيصًا لإنجاز مهمة محددة أو حل مشكلة بعينها ضمن نطاق ضيق ومحدد سلفًا، دون امتلاك القدرة على تجاوز هذا النطاق إلى مهام أخرى. ومن الأمثلة الدالة على ذلك الأنظمة القادرة على التفوق على بطل العالم في لعبة الشطرنج، والتي تبقى قدرتها محصورة في هذا المجال دون سواه؛ إذ إن الذكاء الاصطناعي المطبق، على خلاف الذكاء الاصطناعي القوي، لا يسعى إلى أداء المجموعة الكاملة من القدرات المعرفية البشرية، بل يتخصص في مجال واحد يحل من خلاله مشكلات محددة (1). وتمثل هذه الفئة الغالبية العظمى من تطبيقات الذكاء الاصطناعي المتوفرة تجاريًا اليوم، من المساعدات الصوتية إلى أنظمة التوصية وبرامج التعرف على الوجوه.

ب. الذكاء الاصطناعي العام أو القوي (General / Strong AI): ويتمثل الهدف الأساسي لأبحاثه في تطوير القدرة على فهم أو تعلّم أي مهمة فكرية يمكن للإنسان أدائها، أي محاكاة المدى الكامل للقدرات المعرفية البشرية بمرونتها وتعدد مجالاتها (1). ولا يزال هذا المستوى، رغم التطور المتسارع في تقنيات التعلم العميق، هدفًا بحثيًا بعيد المنال لم يتحقق بعد بصورته الكاملة، ويظل موضع نقاش علمي وفلسفي واسع حول إمكانية تحقيقه أصلًا وحدوده الأخلاقية.

ج. الذكاء الاصطناعي الفائق (Super AI): وهو مستوى نظري متقدم يُفترض فيه أن تتجاوز قدرات الآلة المعرفية القدرات البشرية في مجمل الميادين العلمية والإبداعية والاجتماعية، ولا يزال هذا المستوى حتى تاريخه في نطاق التنظير العلمي والتكهن المستقبلي أكثر منه واقعًا تطبيقياً قائمًا، وإن كان موضوعًا متزايد الحضور في أدبيات أخلاقيات الذكاء الاصطناعي ومخاطره المحتملة على المدى البعيد.

2. التصنيف وفق الوظيفة الإدراكية

يقترح بعض الباحثين تصنيفًا تكامليًا للذكاء الاصطناعي وفق درجة تعقيد الوظيفة الإدراكية التي يؤديها النظام، ويتدرج هذا التصنيف من الأبسط إلى الأكثر تعقيدًا نظريًا على النحو الآتي: الآلات التفاعلية المحدودة، التي تستجيب لمدخلات آنية دون الاحتفاظ بذاكرة عن التفاعلات السابقة؛ ثم الأنظمة محدودة الذاكرة، التي تستفيد من بيانات تاريخية قصيرة المدى لتحسين قراراتها، وهي الفئة التي تنتمي إليها معظم تطبيقات التعلم الآلي المعاصرة كالمركبات ذاتية القيادة؛ ثم أنظمة نظرية العقل، وهي فئة نظرية مستقبلية يُفترض أن تكون قادرة على فهم المشاعر والنوايا والمعتقدات لدى الأطراف التي تتفاعل معها؛ وأخيرًا أنظمة الوعي الذاتي، وهي فئة افتراضية تمامًا حتى الآن، يُفترض أن تمتلك فيها الآلة وعيًا بذاتها ووجودها المستقل.

3. أمثلة تطبيقية على تصنيفات الذكاء الاصطناعي

يساعد استعراض أمثلة واقعية على تجسيد الفروق النظرية بين تصنيفات الذكاء الاصطناعي المذكورة آنفًا. ففي فئة الذكاء الاصطناعي الضيق، تدرج معظم التطبيقات الرائجة اليوم: أنظمة التوصية بالمحتوى في منصات البث الرقمي التي تحلل سلوك المستخدم لاقتراح محتوى مشابه؛ والمساعدات الصوتية التي تفهم الأوامر المنطوقة وتنفذها ضمن نطاق وظيفي محدد؛ وأنظمة الترجمة الآلية الفورية؛ وبرامج التعرف على الوجوه المستخدمة في أنظمة الأمن والمراقبة؛ وأنظمة الكشف عن الاحتيال المالي التي ترصد الأنماط غير الاعتيادية في المعاملات المصرفية. وجميع هذه الأمثلة، رغم تفاوت تعقيدها التقني، تشترك في كونها مصممة لأداء مهمة محددة سلفًا دون قدرة على تجاوزها إلى مهام أخرى مختلفة نوعيًا.

أما فئة الذكاء الاصطناعي العام، فلا تزال حتى تاريخ إعداد هذا الفصل هدفًا بحثيًا نظريًا لم يتحقق بصورته الكاملة في أي نظام قائم فعليًا، وإن كانت بعض النماذج اللغوية الضخمة المعاصرة قد أظهرت قدرات متعددة المجالات لافتة أثارت نقاشًا علميًا حول مدى اقترابها من ملامح هذا التصنيف، دون أن يُجمع الباحثون على تصنيفها ضمنه بصورة قاطعة، نظرًا لافتقارها إلى عناصر جوهرية كالفهم الدلالي العميق والقدرة على التعميم المرن في سياقات لم تُدرَّب عليها من الأساس.

4. ملاحظات ختامية حول التصنيفين

يلاحظ أن التصنيفين المذكورين ليسا متنافيين بل متكاملين؛ إذ يمكن لنظام ينتمي إلى فئة الذكاء الاصطناعي الضيق وفق تصنيف النطاق المعرفي أن يكون في الوقت ذاته من فئة الأنظمة محدودة الذاكرة وفق تصنيف الوظيفة الإدراكية، كما هو الحال في كثير من تطبيقات التعلم الآلي المعاصرة. وتكمن أهمية هذين التصنيفين في كونهما يوفران إطارًا مفاهيميًا يساعد الباحث على تحديد موقع أي تطبيق أو نظام ذكاء اصطناعي بدقة ضمن الخريطة العامة للحقل، وهو ما سينعكس أثره في تحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع التي سيتناولها المبحث الثالث من هذا الفصل.

المطلب الرابع: أهداف الذكاء الاصطناعي ومجالاته الفرعية

يسعى الذكاء الاصطناعي، بوصفه حقلًا معرفيًا متعدد التخصصات، إلى تحقيق جملة من الأهداف العلمية والتطبيقية، أبرزها: بناء أنظمة قادرة على التعلم الذاتي من البيانات دون تدخل بشري مباشر في كل خطوة؛ وتطوير قدرات استدلالية تحاكي المنطق البشري في حل المشكلات واتخاذ القرار في ظروف عدم اليقين؛ وتمكين الآلة من فهم اللغة الطبيعية والتفاعل بها مع الإنسان؛ وتمكينها من إدراك محيطها البصري والحسي ومعالجته؛ وتطوير أنظمة قادرة على التخطيط والتحرك في العالم المادي، كما هو الحال في الروبوتات.

وتتقاسم هذه الأهداف جميعها غاية جوهرية مشتركة، وهي تحرير الإنسان من الأعباء المعرفية والإجرائية المتكررة، وتمكينه من توجيه طاقته الفكرية نحو مهام أكثر إبداعًا وتعقيدًا، بينما تتولى الأنظمة الذكية معالجة المهام الروتينية أو تلك التي تتطلب معالجة كميات ضخمة من البيانات

يصعب على الإنسان استيعابها في زمن معقول. ومن هذا المنظور الوظيفي التكاملي، ينبغي النظر إلى الذكاء الاصطناعي بوصفه أداة معينة للإنسان تعزز قدراته المعرفية، لا بديلاً كاملاً عن حكمه واجتهاده، وهو منظور سيتكرر حضوره عند تحليل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع في المبحث الثالث من هذا الفصل.

ولتحقيق هذه الأهداف، تفرعت عن الذكاء الاصطناعي حقول تخصصية متعددة، يمكن عرض أبرزها فيما يأتي:

1. تعلم الآلة (Machine Learning)

يُعنى هذا الحقل بتطوير خوارزميات قادرة على التعلم من البيانات واستخلاص الأنماط منها دون الحاجة إلى برمجة صريحة لكل حالة على حدة، ويقوم على تدريب نماذج رياضية باستخدام مجموعات بيانات تاريخية بحيث تتحسن دقة تنبؤاتها أو تصنيفاتها تدريجياً كلما زادت البيانات المتاحة. ويُصنّف تعلم الآلة عادة إلى ثلاثة أنماط رئيسية: التعلم الخاضع للإشراف، الذي يعتمد على بيانات مصنّفة مسبقاً؛ والتعلم غير الخاضع للإشراف، الذي يسعى إلى اكتشاف أنماط كامنة في بيانات غير مصنّفة؛ والتعلم التعزيزي، الذي يتعلم فيه النظام عبر التجربة والخطأ ضمن بيئة تفاعلية تمنحه مكافآت أو عقوبات وفق جودة قراراته.

2. التعلم العميق (Deep Learning)

وهو فرع متخصص من تعلم الآلة يعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية متعددة الطبقات لمعالجة بيانات عالية التعقيد كالصور والأصوات والنصوص، وقد شكّل هذا الفرع، كما سبقَت الإشارة في المطلب الثاني، نقطة التحول الأبرز في الأداء العملي للذكاء الاصطناعي خلال العقد الأخير، بفضل قدرته على استخلاص تمثيلات هرمية متزايدة التجريد للبيانات الخام دون الحاجة إلى هندسة يدوية للسّمات المميزة كما كان الحال في المقاربات الإحصائية التقليدية.

3. معالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Processing)

يُعنى هذا الحقل بتمكين الآلة من فهم اللغة البشرية وتوليدها وترجمتها والتفاعل بها بأسلوب طبيعي قريب من أسلوب الإنسان، ويشمل مهاماً متعددة كالترجمة الآلية والتلخيص الآلي وتحليل المشاعر والإجابة عن الأسئلة والحوار التفاعلي، وقد شهد هذا الحقل تطوراً لافتاً مع ظهور

النماذج اللغوية الضخمة القادرة على توليد نصوص متماسكة دلاليًا ونحويًا بلغات متعددة، من بينها اللغة العربية.

4. الرؤية الحاسوبية (Computer Vision)

ويعنى بتمكين الآلة من تحليل الصور ومقاطع الفيديو واستخلاص المعلومات منها، كال التعرف على الأجسام والوجوه، وتتبع الحركة، وتصنيف المشاهد، وتعد هذه القدرة ركيزة أساسية في تطبيقات متعددة تمتد من التشخيص الطبي بالصور الإشعاعية إلى المركبات ذاتية القيادة وأنظمة المراقبة الأمنية.

5. الروبوتات الذكية (Robotics)

ويعنى بدمج الذكاء الاصطناعي في أنظمة مادية قادرة على الحركة والتفاعل مع البيئة الفيزيائية المحيطة، عبر الجمع بين قدرات الإدراك الحسي والتخطيط الحركي والتحكم الآلي في وحدة واحدة، بما يمكن الروبوت من أداء مهام معقدة في بيئات صناعية أو منزلية أو طبية.

6. النظم الخبيرة والذكاء الرمزي (Expert Systems & Symbolic AI)

وهو الحقل الذي يُعنى بتمثيل معرفة الخبراء البشريين المتخصصين في قواعد معرفة صريحة يمكن للآلة الاستدلال منها للوصول إلى استنتاجات أو توصيات تحاكي حكم الخبير البشري في مجاله، وهو الموضوع الذي سيُفرد له المبحث الثاني من هذا الفصل معالجة تفصيلية موسعة، نظرًا لمكانته التاريخية المحورية في تطور الذكاء الاصطناعي التطبيقي، وكونه يمثل الجسر المفاهيمي بين الذكاء الاصطناعي الرمزي المبكر وتطبيقاته المعاصرة في تخصصات متعددة كالطب والقانون والهندسة.

وتتقاطع هذه الحقول الفرعية فيما بينها وتتكامل في كثير من التطبيقات المعاصرة، بحيث لا يكاد نظام ذكاء اصطناعي متقدم اليوم يعتمد على حقل واحد بمعزل عن غيره، بل يوظف مزيجًا من تعلم الآلة ومعالجة اللغة والرؤية الحاسوبية في آن واحد لتحقيق أداء أكثر شمولًا وفعالية، وهو ما سيتضح جليًا عند تناول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع في المبحث الثالث من هذا الفصل.

المطلب الخامس: أهمية دراسة تطور الذكاء الاصطناعي

لا تنبع أهمية تتبع مسار تطور الذكاء الاصطناعي من كونها استعراضاً تاريخياً وصفيّاً فحسب، بل من كونها ضرورة منهجية لفهم الإشكاليات المعرفية والاجتماعية المعاصرة المرتبطة بهذا الحقل. فقد أدى المفهوم الحديث لتقنيات الذكاء الاصطناعي إلى ظهور علاقات ومراكز جديدة في مختلف المجالات، وما خلفته من إيجابيات وسلبيات على كافة المجتمعات الإنسانية، وهو ما يستدعي دراسة متعمقة لأسسه المفاهيمية والتاريخية قبل الانتقال إلى تحليل تطبيقاته وآثاره (1).

وتزداد هذه الأهمية إلحاحاً في السياق العربي على وجه الخصوص؛ إذ يمر العالم العربي بمرحلة انتقالية في تبني تقنيات الذكاء الاصطناعي، سواء على مستوى السياسات العامة والاستراتيجيات الوطنية، أو على مستوى المؤسسات البحثية والتعليمية التي بدأت تطلق مبادرات لتطوير نماذج ذكاء اصطناعي ناطقة بالعربية تراعي خصوصية اللغة والثقافة العربية (4). ومن هذا المنطلق، فإن الإلمام الدقيق بالمفاهيم الأساسية والمسار التاريخي لهذا الحقل يشكل شرطاً معرفياً لازماً لأي باحث أو صانع قرار يسعى إلى فهم فرص الذكاء الاصطناعي وتحدياته في البيئة العربية بصورة موضوعية متوازنة، بعيداً عن الانبهار التقني غير الناقد من جهة، والتشاؤم المطلق غير المؤسس من جهة أخرى.

كما تتضح أهمية هذا التأصيل من الناحية المنهجية البحثية؛ إذ إن الخلط الشائع بين المفاهيم الفرعية للذكاء الاصطناعي، كالخلط بين تعلم الآلة والتعلم العميق، أو بين الذكاء الاصطناعي الضيق والذكاء الاصطناعي العام، كثيراً ما يفضي إلى استنتاجات غير دقيقة في الدراسات التطبيقية والاجتماعية التي تتناول آثار هذه التقنية. ومن هنا تنبع ضرورة إرساء قاعدة مفاهيمية متينة في مستهل هذا الفصل، تكون مرجعاً دقيقاً يُبنى عليه التحليل في المبحثين اللاحقين، الخاصين بالنظم الخبيرة والذكاء الرمزي من جهة، وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع من جهة أخرى.

المطلب السادس: حدود الذكاء الاصطناعي المعاصر وتحدياته المعرفية

رغم ما بلغه الذكاء الاصطناعي من تطور متسارع في العقد الأخير، فإنه لا يزال يواجه جملة من الحدود والتحديات الجوهرية التي ينبغي استحضارها لتحقيق فهم متوازن وموضوعي لهذا الحقل، بعيداً عن المبالغة في تقدير قدراته الراهنة أو التهوين منها.

1. تحدي الفهم الدلالي العميق

لا تزال معظم أنظمة الذكاء الاصطناعي المعاصرة، رغم براعتها في محاكاة الأنماط اللغوية والبصرية، تفتقر إلى ما يمكن تسميته بالفهم الدلالي العميق للمحتوى الذي تعالجه، بالمعنى الذي يمتلكه الإنسان حين يربط الرموز اللغوية بخبرته الحسية والوجدانية المباشرة في العالم. وهذا التحدي يعيد إلى الواجهة الجدل الفلسفي الذي سبقت الإشارة إليه حول الفرق بين محاكاة السلوك الذكي وامتلاك فهم حقيقي له.

2. تحدي الانحياز الخوارزمي وجودة البيانات

بما أن أنظمة تعلم الآلة تستقي معرفتها من بيانات تدريب تاريخية، فإنها معرضة لأن تُعيد إنتاج ما قد يكون كامناً في تلك البيانات من انحيازات اجتماعية أو ثقافية أو تمثيلية غير متوازنة، وهو ما قد ينعكس في مخرجات النظام على نحو غير عادل تجاه فئات معينة، مما يستدعي رقابة منهجية دقيقة على جودة البيانات وتمثيليتها عند تصميم هذه الأنظمة وتقييمها.

3. تحدي قابلية التفسير

تتسم كثير من نماذج التعلم العميق المتقدمة ببنية داخلية بالغة التعقيد يصعب على المطورين أنفسهم تفسير الآلية الدقيقة التي توصلت بها إلى قرار أو مخرج معين، وهو ما يُعرف في الأدبيات المتخصصة بإشكالية الصندوق الأسود، وتزداد خطورة هذا التحدي كلما اتسع نطاق استخدام هذه الأنظمة في قرارات ذات أثر مباشر على حياة الأفراد، كالقرارات الطبية أو القضائية أو الائتمانية.

4. تحدي الاعتمادية على البيانات والموارد الحاسوبية

يتطلب تدريب نماذج التعلم العميق المتقدمة كميات هائلة من البيانات وموارد حاسوبية وطاقوية ضخمة، وهو ما يثير تساؤلات حول الأثر البيئي لهذه التقنيات من جهة، وحول التفاوت بين الجهات القادرة على تحمل كلفة تطوير هذه النماذج والجهات غير القادرة على ذلك من جهة أخرى، بما قد يُفضي إلى تركّز القدرة على تطوير الذكاء الاصطناعي المتقدم في عدد محدود من الشركات والدول.

وتشكل هذه الحدود والتحديات مجتمعة خلفية معرفية ضرورية لفهم متزن لموضوع الذكاء الاصطناعي، تتجنب الانبهار التقني غير الناقد من جهة، والتشاؤم المطلق غير المؤسس من جهة أخرى، وهو التوازن الذي سيسعى هذا الفصل إلى الحفاظ عليه في مبحثيه اللاحقين.

خلاصة المبحث الأول

يخلص هذا المبحث إلى أن الذكاء الاصطناعي مفهوم متعدد الأبعاد، يجمع بين بُعد نظري يسعى إلى فهم طبيعة الذكاء الإنساني، وبُعد تطبيقي هندسي يسعى إلى محاكاة هذا الذكاء أو تجاوزه في أداء مهام محددة عبر أنظمة حاسوبية قادرة على التعلم والاستدلال والتكيف. وقد اتضح من خلال استعراض المقاربات التصنيفية الأربع للتعريف أن الاختلاف في تحديد ماهية هذا الحقل ليس اختلافاً لفظياً شكلياً، بل يعكس تبايناً حقيقياً في المعيار الذي يُحتكم إليه للحكم على وصف نظام ما بأنه ذكي، سواء أكان معياراً سلوكياً خارجياً أم معياراً معرفياً داخلياً مطابقاً لآلية التفكير الإنساني. كما يتضح أن هذا الحقل، رغم حداثة تسميته النسبية التي تعود إلى منتصف القرن العشرين، قطع مساراً تطورياً متعرجاً تخللته موجات من الحماس العلمي أعقبتها فترات ركود، بدءاً من الجذور الفلسفية المبكرة، مروراً باختبار تورينج ومؤتمر دارتموث التأسيسي، وموجتي ازدهار الذكاء الرمزي والنظم الخبيرة، وصولاً إلى التحول الإحصائي وثورة التعلم العميق والطفرة التوليدية المعاصرة، قبل أن يستقر في العقدين الأخيرين على وتيرة تطور متسارعة بفضل ثورة البيانات الضخمة وتطور القدرات الحاسوبية. وقد اتضح كذلك أن هذا التطور المتسارع لا ينبغي أن يحجب عن الباحث الحدود والتحديات الجوهرية التي لا يزال هذا الحقل يواجهها، من إشكالية الفهم الدلالي العميق إلى قضايا الانحياز الخوارزمي وقابلية التفسير.

وقد مهّد هذا التأسيس المفاهيمي والتاريخي، بما تضمنه من ضبط اصطلاحي دقيق وعرض تصنيفي شامل، الطريق للانتقال إلى المبحث الثاني من هذا الفصل، الذي سيتناول بالتفصيل أحد أهم المحطات التاريخية والتطبيقية لهذا الحقل، وهي النظم الخبيرة والذكاء الرمزي، بوصفها الجسر المفاهيمي الذي ربط بين الطموح النظري المبكر للذكاء الاصطناعي الرمزي وأولى تطبيقاته التجارية الناجحة.

مصادر البحث الأول

1. مجلس القضاء الأعلى العراقي، مفهوم الذكاء الصناعي (Artificial Intelligence)، بحث منشور على الموقع الرسمي لمجلس القضاء الأعلى، متاح على: sjc.iq
2. الجزيرة نت (مجلة لباب)، الذكاء الاصطناعي: تطوره، تطبيقاته وتحدياته، متاح على: lubab.aljazeera.net
3. موقع موضوع، تعريف الذكاء الاصطناعي، متاح على: mawdoo3.com
4. مجلة العلوم الاجتماعية والإسلامية، جامعة الكويت، توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي في الدراسات، متاح على: journals.ku.edu.kw
5. دراسة، الذكاء الاصطناعي: مفهومه وتطبيقاته الأساسية، متاح على: hcrsiraq.net
6. ويكيبيديا، مدخل ذكاء اصطناعي، متاح على: ar.wikipedia.org
7. ويكيبيديا، مدخل ورشة عمل دارتموث، متاح على: ar.wikipedia.org
8. ويكيبيديا، مدخل تاريخ الذكاء الاصطناعي، متاح على: ar.wikipedia.org
9. موقع القيادي، تاريخ الذكاء الاصطناعي من الخمسينيات إلى اليوم، نُشر بتاريخ 17 مايو 2023، متاح على: alqiyady.com
10. موقع إضاءات، مؤتمر دارتموث 1956: الانطلاقة الحقيقية للذكاء الاصطناعي، متاح على: ida2at.com

الذكاء الاصطناعي ومجالاته

Artificial Intelligence and Its Fields

م.م. وئام محمد كريدي

المديرية العامة لتربية ذي قار - العراق

الملخص

يعرض الفصل الذكاء الاصطناعي ومجالاته من خلال تأصيل المفهوم وتتبع تطوره وبيان فروعه وأساليبه عمله وأبرز تطبيقاته. ويبدأ بتوضيح ما يميز النظم الذكية من معالجة المعلومات والتعلم والاستدلال وحل المشكلات، مع عرض الصلة بين الطموح إلى محاكاة بعض القدرات البشرية وبناء أدوات تؤدي مهام محددة. وتوضع هذه المفاهيم في سياق تاريخي يفسر انتقال الاهتمام بين المداخل الرمزية والنظم الخبيرة والتعلم المعتمد على البيانات.

ويتناول الفصل مجالات الذكاء الاصطناعي وطرائق تمثيل المعرفة واستخدامها، ويعرض التعلم الآلي والشبكات العصبية ومعالجة اللغة والرؤية والتطبيقات المرتبطة بالنظم الذكية. كما يوضح مكونات النظم الخبيرة، ودور قاعدة المعرفة وآلية الاستدلال في تقديم حلول لمشكلات محددة. وتبرز المناقشة الاختلاف بين نظام يطبق معرفة مصاغة في قواعد ونظام يستخلص أنماطاً من البيانات، مع إمكان التكامل بين الاتجاهين بحسب طبيعة المهمة.

وتمتد المعالجة إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع والعمل والخدمات، وما يتيح من فرص للأتمتة والدعم والتحليل. ويناقش الفصل تحديات الخصوصية والتحيز والمسؤولية والتغير في المهارات والأدوار المهنية، مؤكداً الحاجة إلى استخدام منضبط وفهم لحدود الأدوات. وتجمع الخلاصة بين الفرص التقنية ومتطلبات الحوكمة والتأهيل البشري، فلا تجعل التوسع في التطبيقات غاية منفصلة عن حاجات المستفيدين. وتقدم المشاركة عرضاً نظرياً وتعليمياً يساعد على التعرف إلى بنية المجال وفروعه وصلاته التطبيقية، دون نسبة نتائج تجريبية أو قدرات موحدة إلى جميع النظم التي تدرج تحته.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ النظم الخبيرة؛ التعلم الآلي؛ تمثيل المعرفة؛ التطبيقات الذكية

Abstract

This chapter reviews artificial intelligence through its foundations, development, principal branches, methods, and applications. It introduces information processing, learning, reasoning, and problem-solving as central functions of intelligent systems. The aspiration to reproduce selected human capabilities is distinguished from the development of tools for specific tasks. Historical discussion explains changing emphases among symbolic approaches, expert systems, and data-driven learning.

The chapter examines knowledge representation and use alongside machine learning, neural networks, language processing, vision, and other areas associated with intelligent systems. Expert systems are explained through their components and the interaction between a knowledge base and an inference mechanism. The discussion distinguishes systems applying explicitly formulated rules from systems extracting patterns from data, while recognizing the possibility of combining approaches according to task requirements.

Applications in knowledge work, society, employment, and services are considered through automation, analysis, and decision support. The chapter also discusses privacy, bias, responsibility, and changes in professional roles and skill requirements. These issues support a cautious understanding of technological capabilities and the conditions of responsible use. The conclusion connects technical opportunities with governance and human preparation, rather than treating expansion of applications as an objective independent of users' needs. The contribution is theoretical and educational, offering an introduction to the structure of the field and the relationships among its branches and uses. It does not attribute uniform capabilities or a single set of experimental results to every system described as artificial intelligence.

Keywords: Artificial intelligence; Expert systems; Machine learning; Knowledge representation; Intelligent applications

Chapter Introduction: Scope and Significance

Artificial intelligence (AI) is not only a science but also an engineering discipline and social institution. AI is concerned with understanding how computer programs can carry out processes related to perception, cognition, learning, language, planning, and decision making. As such, AI is a discipline which is much wider than just a particular approach or technology. Thus, rule-based systems, probability-based algorithms, neural networks, robotics, and generators are all parts of AI when they exhibit goal-oriented or cognitive behavior. (Russell & Norvig, 2021, p. 2).

The analysis of AI in this chapter will be done through three interrelated sections. The first section covers AI's basic definition, history, branches, as well as the difference between narrow and general AI. The second part looks at expert systems and symbolic AI since such approaches have introduced fundamental notions regarding representation of knowledge and inference. Finally, the influence of AI on knowledge production, education, research, health, public administration, industry, work, culture, and governance will be evaluated.

The chapter will take a critical view of the topic rather than just a technical one. AI systems do not exist separately from data, institutions, expertise, and values held by people. Their efficiency depends on the quality of their representations and training

materials, whereas their impact is based on organizational distribution of powers and responsibilities. In this light, technical performance will be evaluated together with reliability, fairness, privacy, accountability, accessibility, and human oversight.

Section One: The Concept and Development of Artificial Intelligence

1.1 Defining Artificial Intelligence

There is no one-size-fits-all definition of artificial intelligence that everyone can agree on across all disciplines. The first definition of AI is based on human performance, whereby a machine is said to be intelligent if it is able to do activities that are usually performed by humans. The second definition of AI is based on rationality whereby intelligence is viewed as the capability to make decisions and take actions that are bound to attain a particular goal. The third definition of AI is based on learning and adaptation. (Russell & Norvig, 2021, p. 2).

Sometimes operational definitions are preferable to abstract definitions. One definition of an AI system can be that it is a computational system that takes input, builds or utilizes some sort of model and makes predictions, recommendations, produces content or takes actions towards its stated or unstated goals. This definition includes both those systems that have explicitly defined rules developed by experts and those whose behavior is based on data analysis. Furthermore, it does not imply that a machine has a mind just because it is capable of making highly complex decisions.

There is a difference between AI and regular automation. Automation refers to a set of instructions that are executed under unchanged circumstances, while AI refers to dealing with uncertain situations, searching through various options, finding hidden patterns or adjusting to new cases. Of course, the distinction is not absolute since contemporary products usually use combinations of regular software, statistical learning techniques, databases and human procedures.

1.2 Intelligence, Rationality, and Agency

Intelligence of humans encompasses memory, abstraction, language, judgment, creativity, social perception, and adaptability in learning. Computer programs normally capture a selective few of these capabilities. While a chess application will be able to make a strategic analysis without being able to comprehend a dialogue, a language application will create fluent writing without having any consistent goals or experience. Intelligence demonstrated in one area is not a reflection of a general level of intelligence.

The concept of a rational agent gives us a way to think about AI in practice. An agent senses its environment through inputs and influences it through its outputs or actions. The rationality of the agent depends on the available information, goal setting, and environmental restrictions. In this case, it doesn't need to be the best choice but whether it makes actions which are sensible to what it senses. Search algorithms, recommendation tools, self-driving

cars, and software agents are some examples of such systems. (Russell & Norvig, 2021, p. 37).

The idea of agency should not be mistaken with responsibility. Agency arises in a system because of the objective function determined by the designer, the prompt entered by the user, or the workflow determined by an organization. Responsibility is dispersed throughout the people involved, ranging from developers to deployers to managers to users and regulators. The use of anthropomorphic language may blur the distinction by implying that the “AI decided,” while in reality, the choices were being made through design and deployment.

1.3 Intellectual Foundations and the Turing Test

The origins of artificial intelligence lie in logical, mathematical, philosophical, psychological, neuroscientific, cybernetic, and computer engineering advances. Formal logic demonstrated that some components of reasoning can be symbolically expressed. The theory of computability outlined the problems that can be solved by computing machines. Cybernetics concerned itself with feedback and control systems, while the first neurosciences motivated mathematical simplification of neurons. All these approaches formed a language in which it became possible to ask whether intelligent behavior was amenable to computational analysis.

In his paper "Computing Machinery and Intelligence," Alan Turing posed the philosophical problem of whether machines could reason in terms of a practical test of whether a machine can hold a

conversation. For the imitation game, a machine would be considered intelligent if an interrogator was unable to distinguish it from a person through its writing (Turing, 1950, p. 433). Although this approach did not define intelligence fully, it made behavior a more accessible criterion.

The Turing test continues to be significant but it has its shortcomings. Communication imitation encourages human-like communication style rather than truth, logical thinking, and ethics. It is possible that a machine can convince the evaluator with evasion and wrong answers. On the other hand, a powerful science or planning tool may fail to pass the Turing test since it does not involve communication imitation. As such, the test should be viewed more as an initial behavioral test rather than a standard of intelligence. Modern testing utilizes various methods rather than one universal test.

1.4 Dartmouth and the Formation of a Scientific Field

The term “artificial intelligence” took on a specific meaning because of a particular research agenda outlined in a proposal for the 1956 Dartmouth Summer Research Project. According to John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, and Claude Shannon, certain aspects of learning and intelligence could potentially be defined well enough to allow a machine to imitate them (McCarthy et al., 1955, p. 1). The proposed research topics included language, abstractness, problem solving, neural nets, and machine improvement.

Computer programs which proved theorems, solved puzzles, and played games were promising for early researchers. The Logic Theorist, created by Allen Newell, Herbert Simon, and Cliff Shaw, illustrated how symbolic search could be used to reproduce certain mathematical proofs. General Problem Solver tried to differentiate between the general approach to problem solving and the specific problems themselves.

The hope of that time was founded on solid advances in theory, but first experiments were carried out in highly controlled environments. Difficulties were encountered when the system was faced with incomplete data, ambiguous languages, huge search space, or common sense knowledge. However, the Dartmouth agenda brought some unity to researchers working in this field. It also produced a constant conflict between an effort to construct the model of general intelligence and success in developing special-purpose programs for limited purposes (Nilsson, 2010, p. 55).

There was some genuine innovation behind the optimism of the time, but early demonstrations were done within controlled, well-designed settings. Difficulties arose when the systems were faced with incomplete data, fuzzy language, expansive searches, or commonsense knowledge. Despite this, the Dartmouth program defined a collective identity and vocabulary for the research community. It also set up a perennial conflict between the goal of representing intelligence in general and the success of specific systems developed for limited domains (Nilsson, 2010, p. 55).

1.5 Symbolic AI, Search, and Early Optimism

From the 1950s until the late 1970s, the dominant AI paradigm was symbolic. Knowledge was represented using symbols denoting objects, features, and relations. Rules operated on such representations, while searches were used to consider various potential sequences of thought and action. This paradigm was summarized in the physical symbol system hypothesis by Newell and Simon (1976, p. 116), in which intelligent action is associated with systems that can construct and manipulate symbol structures.

The successes of symbolic programs in areas such as theorem proving, games, planning, and restricted language comprehension were impressive. Symbolic programs had some intuitive advantages since their behavior could be examined by studying rules and seeing how a result was obtained. Symbolic representation could also directly capture the concepts of an application domain, thereby letting experts express knowledge in ways more natural than numeric optimization.

On the other hand, searching led to combinatorial explosion at times. What looked like a slight increase in possible actions led to a huge number of paths. The remedy to the situation was the use of heuristics, which is an approach to search where one uses some sort of knowledge to help the search find good paths and yet not promising the optimal solution. This has been an important part of current AI, but along with learning and optimization.

1.6 AI Winters and the Limits of Early Systems

Expectations kept surpassing what could be achieved through the use of the existing technology and data. Machine translators faced challenges associated with ambiguity and context, vision systems found it hard to cope with real-life scenes compared to simple laboratory scenes, and general purpose reasoning systems did not have enough common sense to deal with typical real-world situations. Interest and funding waned during what became known as 'AI Winters' (Nilsson, 2010, p. 213).

These failures did not mean that building artificial intelligence was impossible. On the contrary, they proved that intelligence cannot be built just through increasing the number of rules for a system demonstrated on a small problem. Knowledge acquisition was costly, systems were fragile when operating in unexpected situations, computer hardware put limits on the size of search space and evaluation techniques advanced too.

There lies a crucial methodology lesson to be learned from these cycles. The evaluation of AI must involve specific tasks, appropriate data, external validation, and limitations. Promises of future general intelligence must be kept apart from the facts about present capabilities. While today's generative AI has rekindled the public imagination, history suggests that we not mistake fluency for dependability. There has been genuine progress, but its worth depends on how well it holds up when the going gets tough.

1.7 The Statistical and Machine-Learning Turn

The 1980s and 1990s were an era in which statistical techniques gained more influence. Rather than describing all rules in detail, scientists created algorithms that could infer rules from examples. According to Mitchell, machine learning involves training a system to perform better at some task through experience, which is usually described in terms of data (1997, p. 2).

Supervised learning connects inputs and corresponding outputs, such as image classification or credit risk prediction. In unsupervised learning, structures are discovered by a model on unlabeled data, as, for example, in clustering of documents. In reinforcement learning, the system receives feedback in the form of penalties and rewards to learn how to take appropriate actions (Sutton & Barto, 2018, p. 2). However, the aforementioned categories are just conceptual instruments; real-life algorithms tend to be more hybrid, involving human rules and domain knowledge, along with various goals set for self-supervision. The integration of deep neural networks and search led to record-breaking performance in the game of Go (Silver et al., 2016, p. 484).

The statistical approach altered the origin of the behavior of the system. With symbolic AI, mistakes usually originate from a single rule or an unknown fact. However, in machine learning, the behavior is spread among parameters that have been learned from the data. This enhances flexibility while decreasing transparency. Data-set creation, feature selection, modeling, and evaluations all become

forms of knowledge engineering. Learning from the data does not remove the element of judgment but simply changes its location.

1.8 Deep Learning and Representation Learning

In deep learning, learning occurs through the use of multiple-layered neural networks. While previous machine learning algorithms relied on designed features, the deep network is capable of learning the needed features from pictures, sound, or text. Improvement in technology of graphics processing units, availability of large databases, training techniques, and software tools led to advancements in areas of speech recognition, computer vision, and pattern classification (LeCun et al., 2015, p. 436).

A neural network comprises of interconnected computational units, whose parameters are optimized to minimize error. Convolutional networks became prominent in image analysis, recurrent networks in sequence analysis, and attention-based networks became prominent in language and multimodal analysis. The features that can be learned are capable of capturing complex patterns that cannot be written down explicitly.

It comes with its own set of drawbacks as well. The models need to be computationally intensive, may reproduce any biases from the training data, perform poorly when there are distributional changes, and offer explanations that are indirect when compared with symbolic rule traces. High average performance on benchmark tests hides the possibility of severe performance issues when it comes to minority groups or specific medical conditions.

1.9 Transformers, Foundation Models, and Generative AI

This was achieved by using attention in place of recurrence in relating sequence items to each other, enabling parallel training (Vaswani et al., 2017, p. 599). Models trained on huge corpora of text data can learn how to predict absent or following tokens. It is through this approach that they can gain statistical representations to help summarize, translate, answer questions, code, and create content.

Foundation models are trained extensively and can be deployed for use in different applications. The broadness of the models provides economies of scale; however, it increases risk since an error, bias, or security vulnerability present in the model will impact all its uses (Bommasani et al., 2021, p. 3). The language models are known to make false statements with confidence since they provide plausible sentences and not facts that can be found. They also rely on prompt, context, tools, and verification techniques. Research carried out on large language models also highlights the dangers associated with scale, such as increased environmental footprint and data bias (Bender et al., 2021, p. 612).

The role of generative AI in terms of the interaction between AI and knowledge work becomes wider since users have the opportunity to ask for the creation of text, pictures, audio recordings, videos, or code by means of natural language. The 2026 report of AI Index notes that, while capabilities and adoption of AI increase, there is

still no proper evaluation of it (Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence [Stanford HAI], 2026, p. 2).

1.10 Types, Levels, and Major Branches of AI

AI can be categorized based on capabilities. Narrow AI executes specified tasks such as helping with diagnoses, translations, fraud detection, or route finding. Artificial general intelligence is described as a theoretical system capable of learning and reasoning in different contexts, demonstrating adaptability similar to that of a human being. Superintelligence, another theoretical concept, is an AI with capabilities surpassing that of human beings in most intellectual functions. Currently deployed systems are narrow, even if there is a single foundation model that carries out multiple tasks.

Alternatively, AI can be categorized according to their functions. Natural language processing involves the analysis and creation of languages. Computer vision involves the interpretation of visual content like images and videos. Speech technologies involve connecting speech to text and meaning. Robotics connects perception and reasoning to physical actions. Knowledge representation and reasoning involve the manipulation of structured information. Planning is the selection of action sequences. Machine learning involves developing models through data.

None of the branches functions independently. An autonomous car uses vision, mapping, prediction, planning, control, and safety engineering. A medical assistant may combine language processing, information retrieval, rules, and statistical prediction.

The most valuable classification is that which classifies the particular task, the data, the environment, and the risk level involved in the operation. AI should be considered as a tool kit consisting of layers which have to be chosen on the basis of the problem faced.

Section Two: Expert Systems and Symbolic Artificial Intelligence

2.1 Concept and Characteristics of Expert Systems

An expert system is a type of computer software that simulates the decision-making skills of experts in a specific domain. The software does not try to emulate universal knowledge but rather encodes only those rules, facts, and heuristics that are pertinent to the type of problem in question. Common applications of expert systems are diagnostics, configuration, interpretation, monitoring, planning, and advice-giving. The efficiency of the system depends on the quality of knowledge encoded into it.

The main feature distinguishing an expert system from a regular program is that domain knowledge is isolated from the inference process. This means that one may change the set of rules without having to rewrite the whole program. Moreover, explanations can be provided: the system will show what rules and facts led to the particular conclusion. Such feature of expert systems made them especially useful in medicine, geology, engineering, business, and industrial configuration (Buchanan & Shortliffe, 1984, p. 6).

Expertise is not merely a matter of knowledge of facts, however. Expertise entails the use of pattern recognition, exceptions,

causality, professional standards, and judgment under conditions of uncertainty. The expert system is merely a representation of the subset that can be elicited and represented. It should be thought of as a tool to support decisions rather than a substitute for professional judgment.

2.2 Architecture of an Expert System

Domain facts, rules, relationships and heuristics are stored in the knowledge base. Reasoning processes are applied on these elements by the inference engine. Facts pertaining to the particular case and its intermediate conclusions are stored in the working memory. Information is gathered from users via the user interface. There are many expert systems which have an explanation facility as well as knowledge-acquisition facilities.

This process is cyclical in nature. Information regarding the case is entered by the user. This information is matched with the set of rules through the inference engine. Conclusions based on these rules are fed into the working memory and this process is repeated till a conclusion is reached or no rule applies. The explanation facility can be used for explaining the reasons for asking a question or producing a conclusion.

Modularity is an important principle of design. The inference engine needs to be independent enough from the domain knowledge in order to allow maintenance and reuse. Absolute independence is however impossible because of the fact that the choice of representation determines the ease with which the inference can be

carried out. The architecture itself is not neutral but rather reflects certain assumptions about the domain, acceptable forms of evidence and expertise.

2.3 Knowledge Acquisition and the Role of the Knowledge Engineer

Knowledge acquisition is the process of gaining knowledge or skills and encoding them in a form that is acceptable to the computer. These sources could be interviews, observation, manuals, database, case file, rules and think-aloud problem solving. The knowledge engineer works with experts in order to identify the concepts, criteria for decisions, exceptions and vocabulary.

The “knowledge acquisition bottleneck” refers to the challenge involved in such an activity. The experts might be able to carry out tasks proficiently but cannot describe all of their thought processes. Their knowledge could be tacit, context-bound or shared. There is likely to be disagreement between different experts. Formalization of the knowledge will result in precision when there is uncertainty.

Validation thus requires more than just the expert endorsement of individual rules. The system must be subjected to tests using typical cases, atypical cases, and failed cases. Disputes must be recorded instead of being suppressed. Governance must ensure that there is information about who can modify the knowledge base, version control, and rule review. Knowledge engineering is essentially an institutional process: it is one that determines whose expertise is validated and whose assumptions are encoded into decisions.

2.4 Rule-Based Knowledge Representation

Production rules have the IF-THEN format. Condition represents the situation and the consequent is the recommendation for action or assertion. An example is a maintenance rule which would state that if there is a high vibration and increasing temperature, the possible cause is bearing failure. Production rules are easily understandable, modular and closer to procedure descriptions.

Production rules are capable of representing deterministic relations, prioritization, exceptions and heuristic connections between variables. The knowledge base contains hundreds or even thousands of rules which interact with each other. If more than one rule applies, conflict resolution is required. Different techniques can give preference to the most specific rule, the most recently acquired fact, the rule with the highest priority etc.

The rule-based approach has its weaknesses as well. In complex environments, there may arise long chains of rules that can be hard to manage. Minor discrepancies in terminology might lead to inconsistencies in the condition specification, and exceptions can grow exponentially. The problem of expressing spatial, temporal, or probabilistic relations can be solved only by extending the language. It should be noted that readability at the rule level does not mean that the whole rule system is easy to understand.

2.5 Logic, Frames, Semantic Networks, and Ontologies

In formal logic, propositions and relations have their own semantics. It allows for making deductions as well as making assumptions available for verification. First order logic is capable of describing

objects, properties, quantifiers, and relations; however, unrestricted inference could be computationally costly. This problem can be overcome by using restricted logics or specialized languages.

In frames, knowledge is organized in terms of structured elements that have attributes and values. In semantic networks, concepts are described in terms of labeled relationships between nodes. Ontologies offer vocabularies with classes, properties, and constraints defined formally. These approaches allow for inheritance – subclasses can inherit some properties from a more general class if there are no exceptions to the rule.

Davis et al. (1993, p. 17) say that knowledge representation is involved in many activities: it serves as a surrogate of reality, represents ontological commitments, serves as a basis for reasoning theories, facilitates computation, and allows expression. Thus, we see why knowledge representation is so essential and not just a technical issue. Category choice affects the system's ability to observe and deduce information. An ill-conceived ontology may fail to recognize significant instances even if the inference engine works fine.

2.6 Forward and Backward Chaining

The forward chaining technique is driven by data. In this case, the system starts from existing facts and continues applying rules whose conditions match. This technique is suitable for situations where incoming data may prove different conclusions or where some

observations have to detect any condition. An example of such an application is a sensor-driven maintenance system.

The backward chaining technique is driven by goals. In this case, the system starts with a certain proposed conclusion and determines what evidence will prove it. The system traces back through rules until it reaches either a fact or a question, which can be answered by a user. This approach is widely used in diagnostic consultations.

Most expert systems use both methods. Efficiency is achieved through indexing rules, avoiding repetition of tasks, and loops management. The reasoning trace must be able to differentiate between observed and inferred information and the assumptions made. This is crucial where the output is examined. Forward and backward chaining have been found to be logical processes, but their conclusions depend on the accuracy of the rules, information, and uncertainty involved.

2.7 Reasoning Under Uncertainty

Expertise, in its true form, does not work with certainty all the time. The data may be unreliable, observations may be lacking, and symptoms can fit multiple causes. The early expert systems utilized certainty factors to capture the extent of belief in a conclusion. Bayesian inference employs the use of probability to express uncertainty and modify the beliefs in light of the evidence (Pearl, 1988, p. 31). The fuzzy logic captures the gradualness of a membership, e.g., how high the temperature is.

Every one of the approaches expresses a different form of uncertainty. Probability expresses the belief about events, fuzzy membership expresses vagueness of boundaries, and certainty factors express the heuristics of confidence. All these quantities should not be considered as being equivalent. A numeric value can seem objective in spite of being subjective.

The use of decision-supporting technologies must also take into account the consequences. The identification of a certain disease that has a moderate probability of occurring can justify the need for a response when the consequence of not identifying it is too high, whereas a more probable disease does not necessitate an aggressive treatment. Expert systems need to consider the relationship between the evidence, probability, cost, and threshold levels.

2.8 Classical Systems: DENDRAL, MYCIN, and XCON

DENDRAL helped the chemist in determining the molecular structure through the mass-spectrometry analysis. The significance of this example is that the utility did not depend on performance alone, but rather on the idea that large amounts of domain-specific knowledge were far more important than a generic problem-solving technique. MYCIN relied on the rule base and the certainty factors in order to give recommendations on treatment of bacterial infection cases. It posed structured questions and provided explanations; hence it was shown that an expert system could make good recommendations in a limited domain. However, this expert system

was not used extensively in practical medicine due to certain procedural, legal, and integration reasons. (Buchanan & Shortliffe, 1984, p. 575).

XCON was used to configure computers on behalf of Digital Equipment Corporation, emerging as a great commercial success. Through its ability to decrease the number of configuration mistakes, it showed economic benefits within an industrially stable environment. In both cases, the circumstances that make expert systems most successful can be seen clearly, including bounded tasks, availability of experts, clear terminology, repetitive decision-making, and measurable results.

2.9 Strengths of Symbolic AI

Symbolic systems have explicit representation that can be examined, argued about, and revised. The rules can include regulations and professional limitations even when the data is not available. Reasoning trail can illustrate what facts contributed to the result. These attributes are useful in the area where decision-making needs justification from professionals, auditors, or the affected parties.

The symbolic system also allows for compositional reasoning. The concepts can be joined to form propositions, and logical relations can provide results that were never programmed. The planning system can reason about preconditions and effects, while ontologies can link information stored in databases. The symbolic

representation is particularly useful in the domain where there are stable definitions and causal/legitimate relations.

Enforcing boundaries is another advantage. The statistical approach could discover a very powerful pattern which does not obey the safety rule, while the symbolic rule would forbid the process. This is why modern-day systems rely on rules to verify the results obtained from the model, manage workflows, and establish policies. Symbolic AI continues to be important not as an outdated solution to learning, but as a toolkit.

2.10 Limitations and the Move Toward Hybrid AI

The symbolic approach is fragile when faced with non-conformant categories. It needs intensive knowledge acquisition and becomes hard to maintain when many rules need to be implemented. Moreover, the symbolic system fails to work effectively on raw data, including images and voice data, where the patterns are impossible to define manually. Commonsense knowledge is complicated since there are numerous hidden assumptions in real life scenarios.

While machine learning can help to solve the mentioned problems through example-based learning, it suffers from the issue of opacity, data dependency and statistics errors. In this way, both paradigms have advantages, which can be applied in a mixed application. For instance, a hybrid medical application can use neural networks for an analysis of the picture, a knowledge graph for connection of the findings to the clinical concept, and rules for contraindications enforcement.

A greater level of integration between representation learning and logical reasoning is aimed at in neuro-symbolic AI. This approach tries to merge flexibility with compositional and interpretable properties. Just putting different pieces together does not guarantee success, since each module may introduce mistakes to the other ones, and the explanation layer could be a justification for a flawed model.

Section Three: Applications of Artificial Intelligence in Knowledge and Society

3.1 AI in Knowledge Production

AI modifies the process of gathering, organizing, analyzing, and communicating knowledge. Search engines rank sources of information; recommendation systems guide users' searches; language models condense and interpret documents; and analysis models reveal patterns in large volumes of data. On the one hand, such technologies decrease the time required for familiarization with the topic, while, on the other, they shape what will be considered relevant and credible.

Knowledge production includes more than creation of texts. Reliable knowledge needs evidence, methods, references, criticism, and even corrections. AI systems can assist in generating ideas and texts, but these texts can contain false citations or statements that have no evidential basis at all. There is a difference between linguistic and epistemic validity.

The idea of “human-in-the-loop” should be about real judgment, not just formal endorsement. The reviewers must have enough time, competence, and power to question the outputs. Companies ought to maintain connections to sources, keep records of model deployment, and declare significant AI support where applicable. AI may help increase accessibility to analytical tools, but it must enhance rather than undermine processes of knowledge-building within communities.

3.2 Knowledge Management and Organizational Memory

Firms amass reports, communications, policies, databases, and real-world experience. AI can organize documents, perform entity extraction, find duplicates, suggest similar content, and assist in natural language queries. Knowledge graphs link individuals, initiatives, ideas, and evidence, allowing clearer identification of connections. Conversational agents can assist staff in finding processes without knowing file names or database structure.

Efficiencies will vary based on information management practices. If the AI is trained on old policies, out-of-date advice may be provided. Access needs to be controlled to avoid leakage of confidential information due to easy searching. Information retrieval will need to show where information came from so that users can judge authority and time period.

An organization might also suffer from organizational forgetting through the use of AI. Where employees depend on the summary provided, there will always be loss of nuance and repetition of

mistakes. An organization might be locked into proprietary solutions where the knowledge will be dependent on the vendor or unknown behavior of the model used. The best way to utilize the technology is to use it as an interface for controlled records.

3.3 Education and Personalized Learning

Educational applications of artificial intelligence (AI) include adaptive practice, automatic feedback, tutoring, translation, assistive technology, learning analytics, and administrative tasks. Good design allows a tutor to adapt its explanation and examples based on the learner's progress. Speech and text generation technology could help students with learning disabilities and those who learn in their second language. Teachers might use AI to suggest topics for lessons, compare explanations, and develop materials for practice.

This list of advantages does not eliminate the need for teachers. Education teaches judgment, motivation, teamwork, and discipline, which cannot be boiled down to generating answers. The generative technology could generate wrong explanations and makes it impossible to understand what a student knows. Assessment could then rely more on oral examination, drafts, and problem-solving skills.

According to UNESCO (2023, p. 21), the recommendations include human-centric approach that provides for privacy protection, capacity building, and age-appropriate governance. There is also the issue of access, since better-off students who have more powerful computers, better Internet connections, more appropriate

language skills, or premium services would benefit from the use of AI more. Institutions are expected to promote AI literacy, which includes prompt, verification, awareness of bias, citation, and disclosure.

3.4 Scientific Research and Discovery

AI is used by researchers in tasks including literature review, image analysis, simulations, hypothesis formation, experimentation, and data analysis. Machine learning allows for finding patterns on different scales which surpass the unaided human analysis capabilities. The importance of the science of protein structure prediction via deep learning was shown by AlphaFold, making advancements in biology possible while remaining to be confirmed experimentally and theoretically (Jumper et al., 2021, p. 583).

Generating models can be used to produce code, methodology descriptions, or molecular candidates. Fast generation may lead to broadening the scope of analysis; however, believable outputs may hide mistakes in methodology. Replication should include documentation of the version of the model, prompt or configuration, dataset, preprocessing, and human intervention. Confidential research data and unpublished ideas should be protected as well.

Authorship and accountability still lie in human hands. A machine cannot give consent to become an author, justify its methods of work, or take responsibility for mistakes. The use of AI on a significant level needs to be declared by researchers following

institutional and journal requirements. The most optimal way of using AI is to extend the existing workflow of research.

3.5 Health Care and Clinical Decision Support

Examples of AI applications in medicine include diagnostic imaging, risk estimation, triaging, pharmaceutical development, record keeping, and patient communication. The image classifiers could be used to identify suspicious areas, while the language algorithms could summarize the notes or create administrative documents. Such AI applications may lead to more efficiency and support from specialists who are in short supply.

The clinical effectiveness should be proven on the target population and the workflow. The algorithm trained on one hospital will not work in another due to differences in the equipment, disease prevalence, record keeping, and patients' characteristics. The costs of a false negative error and false positive error are not equal, and an average accuracy is misleading.

Health AI must have autonomy, safety, transparency, accountability, inclusiveness, and sustainability, according to the World Health Organization (2021, p. 41). It is necessary for patients to be aware when health care is affected by AI in any significant way. The security of sensitive information must also be assured. The use of automation must not interfere with the doctor-patient relationship or create ambiguity. Health AI must be supported by qualified medical practitioners. The uncertainty of the situation needs to be visible. Also, there must be evidence to prove the usefulness of health AI.

One such example of this is the use of deep networks in diagnosing skin lesions (Esteva et al., 2017, p. 115).

3.6 Public Services and Administration

Governments apply AI in document management, fraud detection, resource allocation, chatbots for customer services, translation, infrastructure management, and contingency planning. Such uses of AI might help cut down waiting times and improve access to government services. Natural language interfaces might assist citizens in dealing with complex procedures, while predictive maintenance might help to enhance public transportation and utilities.

Extra care should be taken in cases of governmental decisions since people will not have an option to turn elsewhere for assistance. Mistakes made in eligibility determination, law enforcement, migration control, and benefit provision might result in violations of people's fundamental rights. Administrative data of past years might contain discriminatory information, while automatic decision-making might lead to the normalization of discrimination.

Procurement is a critical issue from a governance perspective. The contract must specify issues such as data ownership, security, reporting of performance, auditing, and responsibilities in case of system changes. Agencies should have the relevant internal capacity instead of being wholly dependent on the vendors. Government legitimacy presupposes transparency with respect to

the use of AI and mechanisms for challenging decisions. Efficiency is important, but it cannot substitute legality and justice.

3.7 Business, Finance, and Customer Operations

The business applications of AI include forecasting, fraud detection, marketing, credit scoring, logistics, document analysis, and customer service. Predictive models can find patterns among transactions, and generative systems can create communications or help workers access their corporate knowledge. Successful projects start from a specific problem and expected outcome rather than from a general intention to use AI (Davenport & Ronanki, 2018, p. 110).

Business benefits and risks must be considered together. Recommendation systems can boost sales but limit the customers' options. Credit scoring systems can become more accurate but discriminatory because of the proxy variables. Automated customer service can speed up the process of communication but disappoint customers due to the difficulty of getting a human on the line. Error rates, fairness, complaints, security, and long-term trust should be included into the metrics.

Governance implies model inventory, owner assignment, pre-deployment validation, and post-deployment monitoring. Security measures are required for generative systems regarding the confidentiality issues, fake claims, and unauthorized commitments. AI technologies have to be embedded into the accountable process with proper approval gates. Companies that see the purchase of AI systems as isolated actions cannot adapt to changes they generate.

3.8 Industry, Robotics, and the Physical World

Industries use AI to facilitate predictive maintenance, computer vision inspection, process optimization, warehouse automation, energy management, and collaborative robotics. The sensors collect data constantly, anomalies are spotted by models, and intervention takes place before any failure occurs. The computer vision can quickly detect defects, while robots perform repetitive and dangerous actions.

The physical implementation increases safety concerns beyond those of informational tools. While an error in the text can easily be fixed, an error of the robot may lead to instant harm. Systems require redundancy, fail-safes, cybersecurity, and testing under extreme environmental circumstances. Employees must know the boundaries of work and have easy access to control measures in emergencies.

Automation also impacts job design. It helps decrease physical workload and enhance consistency, but it may increase surveillance and deprive workers of chances for gaining experience. The participatory design makes it possible for operators to share information not considered by engineers. Industrial AI works well when technical optimization is combined with safety culture, education, and responsibility redistribution.

3.9 Employment, Skills, and the Labor Market

Automation, augmentation, and creation by AI is possible. The impact of the use of AI technology will depend on the combination of

tasks within an occupation but not the occupation itself. The most important impact of generative AI is on administrative and cognitive occupations, including tasks with texts, classifications, and routine communications (Gmyrek et al., 2025, p. 18).

Augmentation will increase efficiency and enable less qualified workers to do certain tasks. Augmentation can increase intensity of work and control of workers through surveillance. Workers will depend on a system which they cannot control (OECD, 2023, p. 102). Both positive effects in the workplace and negative aspects related to privacy, bias, and quality of employment have been identified. Distribution is important because the increase in productivity does not automatically imply increases in wages and opportunities.

Responses to policies include lifelong learning, social dialogue, worker consultation, portability, and transitional assistance. Awareness about AI should not be limited only to the experts but should include the management, professionals, and workers who get assessed by algorithms. The key issue in such circumstances is not whether technology will dictate the future of work, but how institutions will influence its adoption.

3.10 Media, Culture, and Creative Practice

Generative AI can be used to create images, music, video, storytelling, and designs alternatives. Artists may employ it in ideation, editing, restoration, translation, and experimentation. Such technologies will reduce the technical barriers to some extent and

enable small groups to explore a variety of options. They could even assist in preservation through improved search and access of cultural collections.

On the other hand, training datasets might contain artistic pieces created without adequate consent and remuneration. The synthetic content makes it harder to determine authorship and provenance and weakens the position of artists in the economy. Models have a tendency to replicate features present in the data, which means that they tend to overrepresent mainstream languages and aesthetics and underrepresent others.

There are also implications related to deepfakes and scalable synthetic media for public trust. Provenance standards, labelling, platform policies, and media literacy practices may be useful tools, but none of them are sufficient alone. Audience members need to be able to judge sources and contexts as well as cross-reference information. We should seek to maintain a space for humans to express themselves and give informed consent, while allowing for valid use cases.

3.11 Bias, Inequality, and the Digital Divide

These algorithms are trained using societies where there are inequalities in representation and opportunities. There could be a reproduction of stereotypes, discrimination over history, and even measurement errors. For example, Buolamwini and Gebru (2018, p. 87) found considerable demographic disparities in commercial gender classification systems, showing why an aggregate measure

of accuracy would be insufficient. Bias can creep into problem formulation, labeling, sampling, model formulation, thresholds, and deployment.

The issue of fairness is not resolved by simply stripping out protected characteristics. Another set of variables could end up functioning as proxies, and multiple types of fairness requirements might be at odds with each other. It could be that a machine-learning system has equal error rates but ends up reinforcing inequalities in resource distribution. The analysis needs to consider which groups benefit, who suffers from the mistakes made, and whether the impacted populations have recourse (Gebru et al., 2021, p. 87; Mitchell et al., 2019, p. 223).

Infrastructure, language, disability, price, and institutional capacity all factor into the discussion of the digital divide. Digital outputs lower in some communities might lead to a lack of service. Countries that do not have access to computing devices would need foreign platforms. Inclusion in AI means designing for accessibility, multilingual testing, expert knowledge, and funding for public digital infrastructure.

3.12 Privacy, Security, and Information Integrity

AI increases the ability to derive personal information from large datasets even when direct identifiers have been stripped. The combination of behavior, location, and preferences might be enough for re-identification. Facial recognition technology along with predictive analytics allows conducting surveillance at a scale that is

hard to accomplish manually. Hence, data minimization and purpose limitation become important design principles.

The potential threats are the poisoning of the training data set, adversarial input, model theft, prompt injection, and confidential information exposure. The generative models will decrease costs associated with phishing, impersonation, and misleading information. The required defenses will include secure development, access control, red team testing, incident response, and monitoring. Users must not submit sensitive data to applications that have no permission and contracts for its use.

Integrity of the information requires the verification of the provenance of the information. Synthetic information can be legal, but the hidden manipulation undermines the credibility of the content. The technical labeling can be stripped off, which means that other means of verification will be needed: authentic communications, independent sources, and correction processes. Privacy and security considerations must be incorporated into all stages of AI development, not only post-deployment.

3.13 Ethical Principles and Responsible AI

Common principles of responsible AI include fairness, transparency, accountability, privacy, safety, human oversight, and social good. UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence embeds those principles in the human-rights-based approach and was endorsed by member states in 2021 (UNESCO, 2021, p. 18).

Principles provide guidance, but they need to be operationalized in terms of responsibility, evidence, and processes.

There are many definitions of transparency. Technical transparency refers to the operation of a model, procedural transparency to its selection and evaluation, and decision transparency to the reasons provided for an affected individual. Source code is rarely helpful in explaining a complex model, while the explanation of its purpose, evidence, limitations, and procedure of appeal may be more effective.

Responsibility means an organization or individual that can take some action in an identified capacity. The ethical assessment needs to start from the beginning of a project, which includes data collection and go on until the end of the process, including retirement. Impact assessments, stakeholder consultations, documentation, testing, monitoring, and incident reporting are the processes of transforming values into actions. Human oversight has sense only if reviewers are capable, informed, and able to make the system stop or change it.

3.14 Risk Management and Evaluation

The risk associated with AI technologies is dependent on context. The same technology may be classified as less risky when recommending content for entertainment purposes but becomes very risky when involved in influencing healthcare decisions and hiring decisions. An assessment of such risks requires a mapping of

the targeted users, impacted individuals, risks of misuse, information flows, and impacts.

The NIST AI Risk Management Framework categorizes the practices as being guided by four activities – Govern, Map, Measure, and Manage (National Institute of Standards and Technology [NIST], 2023, p. 21). Governing involves setting up governance structures and policies; mapping refers to understanding the context and risk; measuring involves assessing the performance and impact; and managing involves prioritizing actions.

The additional challenges posed by generative AI include confabulation, inappropriate content generation, intellectual property issues, and reliance on black-box upstream models. The NIST Generative AI Profile offers guidance on dealing with these particular challenges (Autio et al., 2024, p. 12). It is necessary to establish guidelines for appropriate use, run realistic tests, monitor for incidents, and be prepared to stop using the system.

3.15 Legal Regulation and the European Union AI Act

AI is regulated by existing laws on data protection, consumer protection, discrimination, safety, intellectual property, employment, and administrative process. Such laws continue to apply even if they were enacted independently of AI. Specific new regulations fill in the gaps due to scale, opacity, and general-purpose models.

The European Union's Artificial Intelligence Act provides a risk-based approach. It bans selected actions that are unacceptable,

mandates certain conditions for high-risk systems, creates transparency duties for specific applications, and includes obligations regarding general-purpose AI models (European Parliament & Council of the European Union, 2024, p. 56). Gradual implementation of the law implies that entities have to abide by current official guidance and not simplified explanations.

There is a relationship between legal compliance and ethics. However, there are instances where a practice is legal but is harmful from the perspective of society, while ethical expectations without any rights might provide inadequate protection. The regulation has to be proportionate, technically savvy, adaptable, and allow remediation in case individuals are affected. It is vital to coordinate the efforts of nations globally due to global reach of the models and services but local entities are responsible for specific languages and cultures.

3.16 Human-Centered AI and Future Directions

Human-centric AI assesses systems by the extent to which they facilitate human capabilities, rights, and group aims. Human-centered AI does not endorse technological determinism but also not the view that human participation inherently ensures safety. What really matters is how authority, information, and accountability are distributed among humans and machines.

Future systems are expected to integrate foundation models, retrieval, tools, structured knowledge, and increasingly autonomous workflow designs. In the case of retrieval-augmented generation, it

links model generation with external knowledge and improves task performance in knowledge-intensive activities (Lewis et al., 2020, p. 9459). Capability may be unevenly developed: the model may do well on difficult benchmarks but poorly on easy tasks beyond its accustomed patterns. According to the 2026 AI Index, this constitutes a persistent gap between fast capability development and institutional capacity to measure and regulate it (Stanford HAI, 2026, p. 2).

Among research priorities are improved reasoning, uncertainty communication, efficient modeling, multilingual resources, privacy preserving machine learning, explainability, and neuro-symbolic computing. Among social priorities are education, general capability, accessibility, worker protection, and democratic control. The future of AI cannot be decided solely in laboratories. It will be decided through procurement, professional standards, education in the classroom, legislation, infrastructural considerations, and societal decisions on which problems need to be automated.

References

1. Autio, C., Schwartz, R., Dunietz, J., Jain, S., Stanley, M., Tabassi, E., Hall, P., & Roberts, K. (2024). *Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile* (NIST AI 600-1). National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.600-1>
2. Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 610–623). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
3. Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., Bernstein, M. S., Bohg, J., Bosselut, A., Brunskill, E., Brynjolfsson, E., Buch, S.,

- Card, D., Castellon, R., Chatterji, N., Chen, A., Creel, K., Davis, J. Q., Demszky, D., . . . Liang, P. (2021). *On the opportunities and risks of foundation models*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.07258>
4. Buchanan, B. G., & Shortliffe, E. H. (Eds.). (1984). *Rule-based expert systems: The MYCIN experiments of the Stanford Heuristic Programming Project*. Addison-Wesley.
5. Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81, 77–91. <https://proceedings.mlr.press/v81/buolamwini18a.html>
6. Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116.
7. Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What is a knowledge representation? *AI Magazine*, 14(1), 17–33. <https://doi.org/10.1609/aimag.v14i1.1029>
8. European Parliament & Council of the European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence. *Official Journal of the European Union*, L, 2024/1689. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>
9. Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542, 115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
10. Gebru, T., Morgenstern, J., Vecchione, B., Vaughan, J. W., Wallach, H., Daumé, H., III, & Crawford, K. (2021). Datasheets for datasets. *Communications of the ACM*, 64(12), 86–92. <https://doi.org/10.1145/3458723>
11. Gmyrek, P., Berg, J., Bescond, D., Górka, S., Gyorgy, E., Illéssy, M., Kirov, V., Martínez, M. C., O'Reilly, P., & Triaille, J.-P. (2025). *Generative AI and jobs: A refined global index of occupational exposure* (ILO Working Paper 140). International Labour Organization. <https://doi.org/10.54394/HETP0387>
12. Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., Tunyasuvunakool, K., Bates, R., Žídek, A., Potapenko, A., Bridgland, A., Meyer, C., Kohl, S. A. A., Ballard, A. J., Cowie, A., Romera-Paredes, B., Nikolov, S., Jain, R., Adler, J., . . . Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596, 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
13. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
14. Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-t., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. In

Advances in Neural Information Processing Systems 33 (pp. 9459–9474). Curran Associates.

15. McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Stanford University. <https://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>

16. Mitchell, M., Wu, S., Zaldivar, A., Barnes, P., Vasserman, L., Hutchinson, B., Spitzer, E., Raji, I. D., & Gebru, T. (2019). Model cards for model reporting. In *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 220–229). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>

17. Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. McGraw-Hill.

18. National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>

19. Newell, A., & Simon, H. A. (1976). Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. *Communications of the ACM*, 19(3), 113–126. <https://doi.org/10.1145/360018.360022>

20. Nilsson, N. J. (2010). *The quest for artificial intelligence: A history of ideas and achievements*. Cambridge University Press.

21. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD employment outlook 2023: Artificial intelligence and the labour market*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/08785bba-en>

22. Pearl, J. (1988). *Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference*. Morgan Kaufmann.

23. Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

24. Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., van den Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T., & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529, 484–489. <https://doi.org/10.1038/nature16961>

25. Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence. (2026). *Artificial Intelligence Index Report 2026*. Stanford University. <https://hai.stanford.edu/ai-index/2026-ai-index-report>

26. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement learning: An introduction* (2nd ed.). MIT Press.

27. Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>

28. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2021). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137>
29. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
30. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In *Advances in Neural Information Processing Systems 30* (pp. 5998–6008). Curran Associates.
31. World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

النظم الخبيرة والذكاء الرمزي

Expert Systems and Symbolic Artificial Intelligence

م.م. إسراء زامل جواد

جامعة سومر - قسم التعليم المستمر - العراق

الملخص

يتناول الفصل النظم الخبيرة والذكاء الرمزي من خلال الأسس التي تقوم عليها معالجة المعرفة في صورة رموز وقواعد وعلاقات منطقية. ويبدأ بتوضيح الاتجاه الرمزي وموقعه في تطور الذكاء الاصطناعي، ثم يعرض النظام الخبير بوصفه أداة توظف معرفة متخصصة وآليات استدلال لمعالجة مشكلات في مجال محدد. ويميز بين تخزين المعلومات وبناء تمثيل يسمح بتفسيرها واستخدامها للوصول إلى استنتاجات.

ويشرح الفصل مكونات النظم الخبيرة، ومنها قاعدة المعرفة ومحرك الاستدلال وواجهة الاستخدام ووحدة التفسير وآليات اكتساب المعرفة وتحديثها. ويناقش قواعد الإنتاج والاستدلال الأمامي والخلفي والتعامل مع المعرفة غير المكتملة أو غير اليقينية. ويستعين بأمثلة تاريخية مثل DENDRAL و MYCIN و XCON لبيان اختلاف مجالات التطبيق وطبيعة الخبرة التي تجسدها هذه الأنظمة، دون افتراض أن خبرة مجال واحد قابلة للنقل المباشر إلى جميع المشكلات.

وتعالج المناقشة مزايا التمثيل الرمزي، وخاصة وضوح القواعد وإمكان تتبع الاستدلال، مقابل صعوبات استخلاص المعرفة من الخبراء وصيانتها ومحدودية المرونة عندما تتغير البيئة أو تتسع البيانات. كما تعرض العلاقة مع التعلم الآلي وإمكانات المداخل الهجينة والعصبية الرمزية التي تصل التعلم بالتمثيل المنطقي. وتخلص إلى أن اختيار النهج يتوقف على طبيعة المعرفة والمهمة والحاجة إلى التفسير. ويقدم الفصل تأصيلاً تعليمياً لمكونات النظام الخبير وآليات عمله وحدوده، مع إبراز بقاء المسألة البشرية والتحقق من المعرفة عنصرين أساسيين في الاستخدام التطبيقي.

الكلمات المفتاحية: النظم الخبيرة؛ الذكاء الرمزي؛ قاعدة المعرفة؛ محرك الاستدلال؛ تمثيل المعرفة

Abstract

This chapter examines expert systems and symbolic artificial intelligence through the representation of knowledge as symbols, rules, and logical relationships. It introduces the symbolic tradition within the development of artificial intelligence and defines expert systems as tools that combine specialized knowledge with inference procedures to address problems in a particular domain. Storing information is distinguished from representing it in a form that supports interpretation and conclusions.

The chapter explains the main components of expert systems: the knowledge base, inference engine, user interface, explanation facility, and mechanisms for acquiring and updating knowledge. Production rules, forward and backward reasoning, and handling incomplete or uncertain knowledge are discussed. Historical examples, including DENDRAL, MYCIN, and XCON, illustrate differences in application areas and forms of expertise. Domain-specific expertise is not assumed to transfer automatically to unrelated problems.

The discussion balances the clarity and traceability of symbolic rules against difficulties in eliciting, maintaining, and adapting expert knowledge. It considers relationships with machine learning and the possibilities of hybrid and neuro-symbolic approaches that connect learning with logical representation. The concluding analysis relates methodological choice to the nature of knowledge, the task, and the need for explanation. The contribution is an educational account of expert system architecture, reasoning mechanisms, advantages, and limitations. It highlights the continuing importance of human accountability and validation of knowledge when these systems are used in practical settings.

Keywords: Expert systems; Symbolic artificial intelligence; Knowledge base; Inference engine; Knowledge representation

يتناول هذا المبحث أحد أهم المحطات التاريخية والتطبيقية في مسيرة الذكاء الاصطناعي، وهي النظم الخبيرة بوصفها التجسيد العملي الأنجح لمقاربة الذكاء الاصطناعي الرمزي، التي هيمنت على الحقل منذ نشأته وحتى ثمانينيات القرن الماضي. ويكتسب هذا الموضوع أهميته من كونه يمثل الجسر المفاهيمي بين الطموح النظري المبكر لرواد الذكاء الاصطناعي في تمثيل المعرفة الإنسانية رمزيًا، وبين أولى التطبيقات التجارية الناجحة لهذا الحقل التي أثبتت جدواه الاقتصادية والعملية. ويسعى هذا المبحث إلى الإجابة عن أسئلة رئيسية: ما مفهوم النظم الخبيرة وكيف نشأت؟ وما مكوناتها الأساسية وآلية عملها؟ وما الأسس الفلسفية والمنطقية للذكاء الرمزي الذي تقوم عليه؟ وما طرق تمثيل المعرفة المستخدمة فيه؟ وكيف يختلف عن المقاربات دون الرمزية كالشبكات العصبية؟ وما مزاياها وحدودها؟

المطلب الأول: مفهوم النظم الخبيرة ونشأتها التاريخية

1. تعريف النظم الخبيرة

تُعرّف النظم الخبيرة (Expert Systems) بأنها نوع من نظم المعلومات المحوسبة المصممة خصيصًا لمحاكاة قدرة الإنسان الخبير على حل المشكلات ضمن مجال تخصصي محدد وضيق، وهي أحد فروع الذكاء الاصطناعي التي تستخدمها المؤسسات والشركات على نطاق واسع، وتتميز عن غيرها من نظم المعلومات التقليدية باحتوائها على قاعدة معرفة متخصصة يمكن الاستدلال منها للوصول إلى استنتاجات تحاكي حكم الخبير البشري (9). وبعبارة أدق، فإن النظام الخبير هو نسخة مركبة مما يتركب منه عقل الإنسان الخبير الذي مرت عليه تجارب كثيرة ولديه خبرات متراكمة، أي أنه برنامج عملي يستخدم استراتيجيات استكشاف واستدلال طوّرها خبراء بشريون لحل فئة معينة من المشكلات ضمن مجال معرفي محدد (4).

ومن أهم ما يميز النظم الخبيرة عن البرمجة التقليدية أن البرامج التقليدية تُصاغ فيها خطوات الحل بصورة إجرائية صريحة يحددها المبرمج مسبقًا لكل حالة، بينما تعتمد النظم الخبيرة على فصل المعرفة عن آلية الاستدلال؛ إذ تُخزّن المعرفة المتخصصة في قاعدة معرفة مستقلة، بينما يتولى محرك استدلال عام مهمة تطبيق هذه المعرفة على أي مسألة جديدة تندرج ضمن نطاق

التخصص، وهو ما يمنح النظام الخبير مرونة أكبر في التوسع والتحديث دون الحاجة إلى إعادة كتابة البرنامج بأكمله كلما تغيرت المعطيات أو أضيفت معرفة جديدة. وتشمل المهام النموذجية التي تؤديها النظم الخبيرة أعمال التصنيف والتشخيص والمراقبة والتصميم والجدولة والتخطيط ضمن مساحٍ متخصصة متعددة، ويمكن لأي نظام خبير أن يعرض للمستخدم تسلسل القواعد التي استند إليها للوصول إلى استنتاجه النهائي، وهو ما يساعد المستخدم على تقييم مدى مصداقية التوصية المقدمة، ويجعل من هذا التتبع أداة تعليمية مفيدة للمتدربين في المجال ذاته (11).

2. النشأة التاريخية للنظم الخبيرة

ترتبط نشأة النظم الخبيرة تاريخيًا بمشروع مختبر البرمجة الاستكشافية (Heuristic Programming Project) الذي أسسه عالم الحاسوب إدوارد فايغنباوم في جامعة ستانفورد سنة 1965، والذي يُعد أهم رواد هذا الحقل وأول من صيغ على يديه مصطلح هندسة المعرفة (Knowledge Engineering) للدلالة على عملية استخلاص معرفة الخبراء البشريين وتشفيرها في صورة قواعد قابلة للمعالجة الآلية (23). وقد طوّر فايغنباوم بالتعاون مع جوشوا ليدربيرغ وكارل دجيراسي أول نظام خبير في التاريخ، وهو نظام دندرال (DENDRAL) سنة 1965، الذي صُمم لمساعدة الكيميائيين على تحديد البنية الجزيئية للمركبات العضوية انطلاقًا من بيانات مطيافية (23)، وقد وُصف هذا النظام بأنه أول نظام معالجة معرفية مكثفة اعتمد على مجموعة واسعة من القواعد المتخصصة لتقديم خبرة فعلية بدلًا من معالجة معرفة عامة أولية (22).

وقد شكّل مشروع دندرال، بحسب شهادة ليدربيرغ نفسه، نقطة تحول منهجية جوهرية في مسار أبحاث الذكاء الاصطناعي، إذ لَخَص هذا التحول في عبارته الشهيرة بأن فريق البحث كان يسعى إلى اختراع الذكاء الاصطناعي، فاكشف في هذه الأثناء نظامًا خبيرًا، وأن هذا التحول في النموذج البحثي القائل بأن المعرفة هي القوة أصبح شعار حركة الأنظمة القائمة على المعرفة داخل أبحاث الذكاء الاصطناعي منذ تلك اللحظة (22). وقد مثّل هذا التحول ابتعادًا واضحًا عن التوجه المبكر لأبحاث الذكاء الاصطناعي، الذي ركّز على تطوير أساليب عامة لحل المشكلات وطرق استدلال شاملة قابلة للتطبيق على أي مجال، لصالح توجه جديد يقوم على أن قوة النظام

الذكي تكمن أساسًا في عمق واتساع المعرفة المتخصصة التي يمتلكها في مجال ضيق ومحدد، لا في عمومية آلية الاستدلال التي يستخدمها (22).

وأعقب نجاح دندرال تطوير نظام مايسن (MYCIN) في منتصف السبعينيات، على يد إدوارد شورتليف بإشراف بروس بيوكانن وستانلي كوهين ضمن مشروع فايغنبوم البحثي بالتعاون مع مجموعة الأمراض المعدية في كلية الطب بجامعة ستانفورد، وهو نظام صُمم لتشخيص أنواع العدوى البكتيرية في الدم واقتراح الجرعات العلاجية المناسبة من المضادات الحيوية بناءً على وزن المريض وأعراضه (29). وقد استند مايسن إلى قاعدة معرفة ضمت نحو ستمائة قاعدة استدلالية استُخلصت من مقابلات موسعة مع أطباء متخصصين، مع دمج حسابات لمعالجة حالات عدم اليقين في المعطيات الطبية، وقد أظهر النظام أداءً تشخيصيًا يضاهي أداء الأطباء الخبراء في هذا التخصص ويتفوق بوضوح على أداء الأطباء المقيمين حديثي الخبرة (29). ومع ذلك، لم يُستخدم مايسن فعليًا في التجارب السريرية المباشرة، غير أن نسخته المعممة المعروفة بإيمائسن (EMYCIN)) طُوِّرت وسُوِّقت تجاريًا سنة 1981 لتصبح إحدى أنجح القوالب الخبيرة (Expert Shells) القابلة لإعادة الاستخدام في بناء أنظمة خبيرة جديدة في مجالات مختلفة (25).

وقد شهد عقد السبعينيات توسعًا ملحوظًا في تطبيقات النظم الخبيرة، من بينها نظام إنترنيست (INTERNIST) الذي طوّره الباحثان بوبل وميرز لأداء مهمة التشخيص التفريقي في مجال الطب الباطني الواسع، إذ ضمت قاعدة معرفته قرابة خمسمئة مرض وأكثر من ثلاثة آلاف عرض مرضي، وقد اختُبر هذا النظام على مجموعة واسعة من الحالات السريرية المعقدة المنشورة في الأدبيات الطبية (26)، إضافة إلى نظام ماكسيما (MACSYMA) المتخصص في الرياضيات الرمزية، وهي جميعها برامج ساهمت في ترسيخ التوجه القائم على المعرفة بوصفه النموذج المهيمن على أبحاث الذكاء الاصطناعي التطبيقي طوال ذلك العقد (26).

ومن الأنظمة الخبيرة الرائدة الأخرى التي طُوِّرت خلال هذه المرحلة نظام كادوسوس (CADUCEUS)، وهو امتداد متقدم لنظام إنترنيست توسّع نطاقه ليشمل تشخيص أكثر من ألف مرض في مجال الطب الباطني، ونظام بروسبكتور (PROSPECTOR) الذي طُوِّر في معهد أبحاث ستانفورد لمساعدة الجيولوجيين على تقييم احتمالية وجود رواسب معدنية في مواقع

استكشاف بعينها اعتمادًا على معطيات جيولوجية ميدانية، وقد نجح هذا النظام فعليًا في الإسهام باكتشاف راسب موليبدينوم ذي قيمة اقتصادية معتبرة في واشنطن، مما شكّل دليلًا عمليًا إضافيًا على الجدوى التجارية للنظم الخبرة خارج المجال الطبي. كما امتدت أبحاث النظم الخبرة خلال هذه الفترة إلى خارج الولايات المتحدة الأمريكية، إذ شهدت فرنسا نشاطًا بحثيًا ملحوظًا في هذا المجال ضمن مراكزها الجامعية والبحثية المتخصصة (12)، مما يعكس الطابع العالمي لهذه الموجة البحثية والتطبيقية.

3. الطفرة التجارية للنظم الخبرة في الثمانينيات

انتقلت النظم الخبرة خلال عقد الثمانينيات من إطارها البحثي الأكاديمي إلى نطاق التطبيق التجاري الواسع، إذ تبنّت شركات كبرى هذه الأنظمة لتحقيق وفورات اقتصادية ملموسة؛ ومن أبرز الأمثلة على ذلك نظام آر ون أو إكسكون (XCON/R1) الذي استخدمته شركة ديجيتال إيكويبمنت (DEC) لمساعدة مندوبي المبيعات على تحديد المكونات المناسبة لتشكيلات الحواسيب من طراز فاكس (VAX) بناءً على متطلبات كل زبون، وهو ما وقّر على الشركة ملايين الدولارات سنويًا نتيجة تقليص أخطاء التشكيل وتسريع عملية البيع (24). كما توسع استخدام النظم الخبرة في تطبيقات القروض العقارية والمراقبة الصناعية، ومنها على سبيل المثال أنظمة مراقبة سلامة السدود التي طُوّرت لتقديم تشخيص مستمر لحالة السد اعتمادًا على بيانات آنية من أنظمة الرصد الآلي، وظلت بعض هذه الأنظمة قيد التشغيل الفعلي المستمر لعقود لاحقة (24).

وقد أسهم هذا النجاح التجاري في تأسيس شركات متخصصة في تطوير وتسويق النظم الخبرة وأدواتها، من بينها شركة تكنولج (Teknowledge) التي شارك فاينغباوم في تأسيسها سنة 1981 بمشاركة عشرين عالم حاسوب من جامعات ستانفورد وماساتشوستس للتقانة ومؤسسة راند البحثية (28)، إضافة إلى شركة إنتليكورب (IntelliCorp) ، وهو ما يعكس حجم الزخم الاستثماري والتجاري الذي رافق هذه الموجة من الذكاء الاصطناعي التطبيقي خلال تلك المرحلة.

4. أفول الطفرة التجارية للنظم الخبيرة

غير أن هذه الطفرة التجارية الواسعة اصطدمت، مع نهاية الثمانينيات ومطلع التسعينيات، بجملة من المحدودات البنيوية التي حدّت من قابلية النظم الخبيرة للتوسع والاستمرار، أبرزها ما عُرف بعنق الزجاجة في اكتساب المعرفة (Knowledge Acquisition Bottleneck)، أي صعوبة وبطء عملية استخلاص معرفة الخبراء البشريين الضمنية وتحويلها إلى قواعد صريحة قابلة للترميز، إضافة إلى ارتفاع كلفة صيانة قواعد المعرفة وتحديثها كلما تغيرت ظروف المجال التطبيقي، وهشاشة أداء هذه الأنظمة أمام أي موقف يخرج عن نطاق القواعد المبرمجة سلفاً. وقد أدى تراكم هذه المحدودات إلى تراجع حاد في الاستثمار التجاري في هذا النوع من الأنظمة، فيما عُرف في أدبيات الحقل بشتاء الذكاء الاصطناعي الثاني، وهو ما سبقت الإشارة إليه في المبحث الأول من هذا الفصل، وسيأتي تفصيل أسبابه بصورة أوسع في المطلب السادس من هذا المبحث.

المطلب الثاني: مكونات النظام الخبير

يتكون النظام الخبير النموذجي من مجموعة عناصر متكاملة تعمل معاً لمحاكاة أسلوب الخبير البشري في التفكير وحل المشكلات، ويمكن عرض هذه المكونات على النحو الآتي:

1. قاعدة المعرفة (Knowledge Base)

تُعد قاعدة المعرفة العنصر الجوهري في أي نظام خبير، وهي التي تحتوي على المعارف المتخصصة المتعلقة بمجال الخبرة موضوع النظام، سواء في صورة حقائق ثابتة تصف العلاقات المنطقية بين المفاهيم، أو في صورة قواعد استدلالية استندت إلى خبرة وممارسة الخبراء البشريين، أو في صورة صيغ رياضية وطرق مجربة لحل المشكلات وتقديم الاستشارة (8). وقد أدرك الباحثون في مرحلة مبكرة من تطور الذكاء الاصطناعي أن قدرة الآلة على التعليل والاستنباط وحدها لا تكفي لمنحها صفة الذكاء، إذ إن الإنسان الخبير القادر على التعليل والاستنباط لا بد له من خلفية معرفية واسعة يستند إليها في إظهار نبوغه، وهو ما يفسر محورية قاعدة المعرفة بوصفها الجزء الأهم من أي نظام خبير (7). ويُقاس مستوى أداء النظام الخبير عملياً بدلالة حجم قاعدة المعرفة التي يحتويها ونوعية هذه المعرفة ودقتها (8).

2. الذاكرة العاملة (Working Memory)

وهي الوحدة التي تحتوي على الحقائق الخاصة بالمشكلة المحددة محل الدراسة في اللحظة الآنية، أي المعطيات التي يدخلها المستخدم أو يستشعرها النظام حول الحالة الراهنة، والتي يستخدمها محرك الاستدلال بالتزامن مع قاعدة المعرفة العامة للوصول إلى استنتاج يخص هذه الحالة بعينها (9).

3. محرك الاستدلال (Inference Engine)

يقوم محرك الاستدلال بعمل يشبه عمل المحرك الميكانيكي، إذ يتولى توجيه البحث ضمن قاعدة المعرفة في اتجاهات مختلفة إلى أن يتم التوصل إلى إجابة عن سؤال المستخدم أو حل للمشكلة المطروحة (7)، وهو المسؤول عن نمذجة عملية التفكير والإدراك الإنساني عملياً، إذ يحتوي على معالج يقارن ويمزج الحقائق الموجودة في الذاكرة العاملة مع المعرفة المتخصصة المخزنة في قاعدة المعرفة لاستخراج الاستنتاجات والحلول ذات الصلة (9). ويحدد محرك الاستدلال أي القواعد سيستخدم من بين مجموعة القواعد المتاحة، وينفذ القاعدة المختارة، ثم يقرر في النهاية ما إذا كانت المشكلة قد بلغت حلاً مقبولاً أم أن الأمر يستلزم مزيداً من الاستدلال (7).

وتعتمد آلية عمل محرك الاستدلال عمومًا على إحدى استراتيجيتين رئيسيتين للاستدلال: الاستدلال الأمامي (Forward Chaining)، الذي ينطلق من الحقائق المتوفرة في الذاكرة العاملة ويطبق عليها القواعد تبعاً للوصول إلى استنتاجات جديدة حتى بلوغ الهدف النهائي، وهو أسلوب مناسب لمهام المراقبة والتشخيص التي تنطلق من أعراض معطاة للوصول إلى تفسيرها؛ والاستدلال الخلفي (Backward Chaining)، الذي ينطلق من فرضية أو هدف محدد سلفاً ويعمل على التحقق منه عبر البحث عن الحقائق والقواعد الداعمة له، وهو أسلوب مناسب لمهام التحقق من فرضية بعينها كما في بعض تطبيقات التشخيص الطبي الموجه (12).

ولتوضيح آلية عمل محرك الاستدلال بصورة عملية، يمكن تمثيل ذلك بمثال مبسط من مجال التشخيص الطبي: لو تضمنت قاعدة المعرفة قاعدة إنتاجية مفادها إذا كانت درجة حرارة المريض مرتفعة وكان لديه سعال جاف، فإن ذلك يشير إلى احتمال إصابته بعدوى تنفسية، وقاعدة أخرى مفادها إذا كان يشتبه في عدوى تنفسية ولم يستجب المريض للعلاج الأولي خلال ثلاثة أيام، فإن ذلك يستدعي فحصًا مخبريًا موسعًا، فإن محرك الاستدلال، حين يتلقى من المستخدم عبر واجهة

النظام معطيات تفيد بارتفاع الحرارة ووجود سعال جاف، يطبق القاعدة الأولى مستخدمًا الاستدلال الأمامي ليضيف إلى الذاكرة العاملة استنتاجًا جديدًا هو اشتباه بعدوى تنفسية، ثم يستمر في فحص بقية القواعد التي قد تُفعل بناءً على هذا الاستنتاج الجديد، وهكذا تتوالى سلسلة الاستدلال حتى الوصول إلى توصية نهائية، مع الاحتفاظ بسجل كامل لهذا المسار الاستدلالي تستثمره وحدة التفسير لاحقًا في شرح التوصية للمستخدم.

4. وحدة التفسير والتبرير (Explanation Facility)

وهي الوحدة المسؤولة عن تجهيز الشرح والتفسير المقدم للمستخدم حول الأسلوب الذي توصل به النظام إلى استنتاجه أو توصيته (9)، إذ يجوز للنظام الخبير أن يعرض تسلسل القواعد التي استند إليها للوصول إلى نتيجته النهائية، وقد شدد فايغنبوم على أهمية هذه الخاصية باعتبارها شرطًا جوهريًا لمصادقية النظام الخبير أمام المستخدمين المتخصصين، إذ لا يمكن لهؤلاء أن يثقوا بتوصية النظام ما لم يتمكن من تفسير الأسلوب الذي توصل به إليها (22). ويساعد تتبع هذا التدفق التفسيري المستخدم على تقييم مدى مصادقية الاستنتاجات المقترحة، كما يمثل أداة تعليمية مفيدة للمتدربين حديثي العهد بالمجال، ويسمح للمستخدم المتمرس باكتشاف نقاط الضعف المحتملة في قاعدة المعرفة نفسها، مما يساعد على تشذيبها وتصحيح أي خطأ قد يكون موجودًا فيها (10, 11).

5. واجهة المستخدم (User Interface)

وهي الواجهة التي تسهل التفاعل بين النظام الخبير والمستخدم، وتمكّن المستخدم غير المتخصص من الوصول إلى معرفة النظام الخبير والاستفادة منها دون الحاجة إلى إتقان لغة برمجية أو صياغة تقنية معقدة، إذ تتيح له طرح استفساراته بأسلوب قريب من اللغة الطبيعية والحصول على إجابات واضحة ومفهومة (9, 10).

6. وحدة اكتساب المعرفة (Knowledge Acquisition Facility)

وهي الوحدة، أو بالأحرى العملية المنهجية، المسؤولة عن استخلاص معرفة الخبراء البشريين المتخصصين وترجمتها إلى قواعد أو حقائق قابلة للترميز في قاعدة المعرفة، وهي العملية التي أطلق عليها فايغنبوم مصطلح هندسة المعرفة، والتي تتطلب عادة تعاونًا وثيقًا بين مهندس المعرفة

والخبير البشري عبر سلسلة من المقابلات والملاحظات الميدانية المكثفة. وتُعد هذه العملية، كما سبقت الإشارة، من أكثر مراحل بناء النظام الخبير كلفة من حيث الوقت والجهد، وهي التي شكّلت لاحقاً أحد أبرز أسباب محدودية انتشار هذه الأنظمة على النطاق الواسع.

المطلب الثالث: الذكاء الرمزي وأساسه الفلسفية والمنطقية

1. مفهوم الذكاء الاصطناعي الرمزي

يمثل مصطلح الذكاء الاصطناعي الرمزي (Symbolic AI) مجموعة الوسائل المستخدمة في أبحاث الذكاء الاصطناعي القائمة على التمثيلات الرمزية عالية المستوى، أي القابلة للقراءة من قبل البشر، للمشكلات والمنطق والبحث، إذ يوظف هذا التوجه أدوات متعددة من بينها البرمجة المنطقية وقواعد الإنتاج والأطر والشبكات الدلالية، وقد استطاع تطوير طائفة واسعة من التطبيقات، من بينها الأنظمة القائمة على المعرفة وعلى وجه التحديد النظم الخبيرة، إضافة إلى الرياضيات الرمزية ومبرهنات النظريات الآلية والأنطولوجيا والويب الدلالي (15). ويشار إلى هذا التوجه أحياناً في الأدبيات الإنجليزية بمصطلح GOFAI، أي الذكاء الاصطناعي التقليدي الجيد القديم، للدلالة على كونه يمثل المقاربة الكلاسيكية المهيمنة على الحقل منذ نشأته في الخمسينيات وحتى الثمانينيات (20).

ويقوم الذكاء الرمزي، من الناحية المنهجية، على افتراض أساسي مفاده أن التفكير الذكي، سواء لدى الإنسان أو الآلة، يمكن اختزاله إلى معالجة صورية لرموز مجردة وفق قواعد منطقية صريحة، بحيث يمثل كل رمز مفهوماً محدداً، وتتيح هذه البنية الرمزية فهماً سببياً واضحاً لقرارات النظام، إذ يمكن إعادة إنتاج مسار عملية اتخاذ القرار منطقياً خطوة بخطوة، سواء في التخيل أو في النص المكتوب أو داخل الحاسوب نفسه، وهو ما يمنح الذكاء الرمزي شفافية عالية تجعله أقرب إلى الصندوق الشفاف منه إلى الصندوق الأسود الذي توصف به كثير من نماذج التعلم العميق المعاصرة (21).

2. فرضية أنظمة الرموز الفيزيائية

يرتبط الأساس النظري للذكاء الرمزي ارتباطاً وثيقاً بفرضية أنظمة الرموز الفيزيائية (Physical Symbol System Hypothesis) التي صاغها ألن نيويل وهيربرت سيمون،

والتي تنص على أن النظام الرمزي الفيزيائي يمتلك الوسائل الضرورية والكافية للفعل الذكي العام، أي أن أي نظام قادر على معالجة رموز فيزيائية وفق قواعد صورية، سواء أكان دماغًا بشريًا أم حاسوبًا إلكترونيًا، يمكن من حيث المبدأ أن يظهر سلوكًا ذكيًا (16). وقد انبثقت هذه الفرضية من عمل نيوبيل وسيمون المشترك مع كليف شو في برنامج المنظر المنطقي (Logic Theorist) بين عامي 1955 و1956، وهو أحد أوائل برامج الذكاء الاصطناعي الرمزي المهمة، والذي استطاع إثبات ثمان وثلاثين نظرية أولية من كتاب مبادئ الرياضيات لألفريد نورث وايتهيد وبرتراند رسل، مما شكّل برهانًا عمليًا مبكرًا على إمكانية محاكاة الاستدلال الرياضي الصوري آليًا (15).

وقد شكّلت هذه الفرضية الأساس الفلسفي والمنهجي لعقود من أبحاث الذكاء الاصطناعي الرمزي، إذ افترضت أن الطريق إلى الذكاء الآلي يمر عبر بناء تمثيلات صريحة للمعرفة ومعالجتها بقواعد استدلال منطقية صورية، على النقيض من التوجه الاتصالي الذي سبقت الإشارة إليه في المبحث الأول، والذي يفترض أن الذكاء ينبثق من معالجة موزعة على شبكة من الوحدات البسيطة المترابطة على غرار الخلايا العصبية البيولوجية، دون حاجة إلى تمثيل رمزي صريح للمعرفة.

3. المنطق الصوري بوصفه أساسًا للاستدلال الرمزي

استند الذكاء الرمزي في تطوير أدواته الاستدلالية إلى فروع متعددة من المنطق الصوري، وعلى رأسها منطق القضايا ومنطق المرتبة الأولى (First-Order Logic)، اللذان يوفران إطارًا صورية دقيقة لصياغة الحقائق والعلاقات بين الأشياء واستنتاج حقائق جديدة منها وفق قواعد استدلال محكمة كقاعدة فصل النتيجة (Modus Ponens). وقد مكّن هذا الأساس المنطقي الصارم الباحثين من بناء أنظمة قادرة على إثبات صحة نظريات رياضية، أو التحقق من اتساق مجموعة من القواعد فيما بينها، أو استنتاج معرفة ضمنية جديدة من معرفة صريحة مخزنة سلفًا، وهي القدرة التي استثمرت لاحقًا بصورة مباشرة في تصميم محركات الاستدلال في النظم الخبيرة، كما سبق بيانه في المطلب الثاني من هذا المبحث.

ومن اللافت أن هذا الأساس المنطقي الصارم يفسر في آن واحد أبرز مواطن قوة الذكاء الرمزي وأبرز مواطن ضعفه؛ ففوة الاستدلال المنطقي الصوري تكمن في يقينيته وقابليته للتحقق الرياضي

الدقيق طالما كانت المقدمات صحيحة ومكتملة، غير أن هذه اليقينية ذاتها تصبح عبئاً حين يتعامل النظام مع عالم واقعي مليء بالمعلومات الناقصة أو المتناقضة أو الغامضة، وهو ما دفع باحثين لاحقين إلى تطوير امتدادات للمنطق الصوري التقليدي تسمح بالتعامل مع عدم اليقين، من أبرزها المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) الذي يسمح بدرجات جزئية من الصدق بدلاً من الاختصار على القيمتين الثنائيتين صحيح وخاطئ، والمنطق الاحتمالي الذي يدمج نظرية الاحتمالات في عملية الاستدلال الرمزي ذاتها للتعامل مع حالات الشك وعدم اليقين المتأصلة في كثير من التطبيقات الواقعية كالتشخيص الطبي الذي اعتمد عليه نظام مايسن، كما سبقت الإشارة إليه في المطلب الأول من هذا المبحث.

المطلب الرابع: طرق التمثيل الرمزي للمعرفة

يتطلب بناء أي نظام قائم على الذكاء الرمزي اختيار أسلوب مناسب لتمثيل المعرفة بصورة يمكن للآلة معالجتها آلياً، وقد طوّر الباحثون عدة أساليب لهذا الغرض، من أبرزها ما يأتي:

1. قواعد الإنتاج (Production Rules)

وهي الصيغة الأكثر شيوعاً في تمثيل المعرفة داخل النظم الخبيرة، وتُصاغ في صورة قواعد شرطية من نمط إذا تحقق كذا فإن كذا، بحيث يمثل الشرط جزء الشرط أو المقدمة، ويمثل الاستنتاج جزء الفعل أو النتيجة. وتندمج في هذه الصيغة قاعدتا المعرفة الإخبارية، أي الحقائق الوصفية حول المجال، والمعرفة المنهجية، أي طرق حل المشكلات واتخاذ القرار، في كل متكامل يأخذ صورة مناهج تجريبية استكشافية قابلة للتنفيذ الآلي المباشر (7). وتتميز هذه الصيغة بسهولة فهمها من قبل الخبراء البشريين غير المتخصصين في البرمجة، وبإمكانية إضافة قواعد جديدة أو تعديل قواعد قائمة دون التأثير الجذري في بنية النظام العامة.

2. الشبكات الدلالية (Semantic Networks)

وهي شبكة تمثل العلاقات الدلالية بين المفاهيم، وتُستخدم غالباً كطريقة لتمثيل المعرفة في صورة مخطط موجه أو غير موجه، يتألف من عُقد تمثل المفاهيم أو الكيانات، وخطوط أو أقواس رابطة بينها تمثل العلاقات الدلالية القائمة بين تلك المفاهيم، كعلاقات هو نوع من أو جزء من أو يمتلك (خاصية 17). وتتيح هذه البنية الشبكية تمثيل التسلسلات الهرمية بين المفاهيم بصورة بديهية

تسمح بالوراثة الآلية للخصائص من المفاهيم العامة إلى المفاهيم الفرعية الأكثر تخصيصاً، وهو ما يقلل من التكرار في تمثيل المعرفة ويسهل عمليات الاستدلال القائم على العلاقات.

3. الأطر (Frames)

وهي بنية لتمثيل المعرفة تنظم المعلومات المتعلقة بمفهوم أو كائن معين ضمن حزمة موحدة تسمى إطاراً، يتضمن مجموعة من الفتحات (Slots) التي تحمل كل منها قيمة أو خاصية معينة متعلقة بذلك الكائن، إضافة إلى إمكانية ربط إجراءات إجرائية تلقائية بالتنفيذ بفتحات معينة عند استيفاء شروط محددة. وتتشترك الأطر مع الشبكات الدلالية في إمكانية التوريث الهرمي للخصائص بين الأطر العامة والأطر الفرعية، غير أنها توفر تنظيمًا أكثر ثراءً للمعلومات المرتبطة بكل مفهوم على حدة، مما يجعلها مناسبة بصورة خاصة لتمثيل مواقف نمطية متكررة يمكن التنبؤ ببنيتها العامة سلفاً.

4. الأنطولوجيا والويب الدلالي

طُوّرت هذه الأساليب الرمزية المبكرة لاحقاً في اتجاهات أكثر تجريداً وشمولاً، من أبرزها مفهوم الأنطولوجيا (Ontology) في علوم الحاسوب، والذي يشير إلى تخصيص صوري صريح لمفاهيم مجال معرفي معين والعلاقات القائمة بينها، بما يتيح مشاركة هذه المعرفة وإعادة استخدامها عبر أنظمة مختلفة، وقد شكّل هذا المفهوم الأساس النظري لمشروع الويب الدلالي (Semantic Web) الذي يهدف إلى تمكين الآلات من فهم محتوى صفحات الإنترنت ومعالجته دلاليًا لا شكلياً فحسب (15).

ويمكن ملاحظة أن هذه الأساليب الأربعة لتمثيل المعرفة، رغم اختلاف صياغتها الشكلية، تتقاطع جميعها عند مبدأ جوهرى واحد هو الفصل الواضح بين المعرفة الوصفية للمجال من جهة، وآلية الاستدلال أو المعالجة العامة القادرة على توظيف هذه المعرفة من جهة أخرى، وهو المبدأ ذاته الذي يميز بنية النظام الخبير عن البرمجة التقليدية كما سبق بيانه في المطلب الأول من هذا البحث. كما يلحظ الباحث أن اختيار أسلوب التمثيل المناسب ليس أمراً اعتباطياً، بل يتوقف على طبيعة المجال التطبيقي ذاته؛ فقواعد الإنتاج تناسب المجالات التي تُصاغ فيها خبرة الإنسان أصلاً في هيئة توصيات شرطية متتابعة كالتشخيص الطبي، بينما تناسب الشبكات الدلالية والأطر

المجالات التي تتسم بتراتبية مفاهيمية واضحة كالتصنيفات العلمية أو الأنظمة القانونية، وهو تمايز وظيفي ينبغي استحضاره عند تصميم أي نظام قائم على المعرفة.

المطلب الخامس: الذكاء الرمزي مقابل الذكاء دون الرمزي

1. الفروق المنهجية بين المقاربتين

يقوم التمييز الجوهرى بين الذكاء الاصطناعي الرمزي والذكاء الاصطناعي دون الرمزي، أو الاتصالي (Connectionist)، على اختلاف جذري في تصور طبيعة المعرفة وآلية معالجتها. فبينما يفترض الذكاء الرمزي أن المعرفة يجب أن تُمثل بصورة صريحة قابلة للقراءة البشرية في هيئة رموز وقواعد منطقية يعالجها النظام تبعاً وفق خطوات استدلالية واضحة، تفترض المقاربة الاتصالية، التي تجسدها الشبكات العصبية الاصطناعية وتقنيات التعلم العميق المعاصرة، أن الذكاء ينبثق من معالجة موزعة متوازية عبر شبكة كثيفة من الوحدات الحسابية البسيطة المترابطة بأوزان عددية تُضبط تدريجياً عبر التعلم من البيانات، دون وجود تمثيل رمزي صريح واحد يمكن الإشارة إليه بوصفه المعرفة المخزنة في النظام.

وينعكس هذا الاختلاف المنهجي في مزايا وحدود متقابلة بين المقاربتين؛ فالذكاء الرمزي يتميز بشفافية عالية وقابلية للتفسير المباشر، إذ يمكن تتبع مسار الاستدلال خطوة بخطوة كما سبق بيانه في وحدة التفسير والتبرير للنظم الخبيرة، كما يتميز بقدرته على التعامل الدقيق مع المسائل التي تتطلب استدلالاً منطقياً صارماً كإثبات النظريات الرياضية، غير أنه يعاني من صعوبة التعامل مع البيانات غير المهيكلة أو الضجيجية كالصور والأصوات، ومن هشاشة أدائه أمام السياقات التي تخرج عن نطاق القواعد المبرمجة سلفاً فيه (20). في المقابل، تتفوق المقاربة الاتصالية بوضوح في التعامل مع البيانات عالية التعقيد وغير المهيكلة واستخلاص الأنماط منها دون الحاجة إلى هندسة يدوية للسمات، غير أنها تفتقر عموماً إلى الشفافية التفسيرية، إذ يصعب على المطورين أنفسهم أحياناً تفسير الآلية الدقيقة التي توصل بها النظام إلى قرار معين، وهو ما يُعرف بإشكالية الصندوق الأسود التي سبقت الإشارة إليها في المبحث الأول من هذا الفصل (20، 14).

2. الذكاء العصبي الرمزي: نحو مقاربة تكاملية

في ضوء أوجه القصور المتقابلة بين المقاربتين، برز في السنوات الأخيرة توجه بحثي متنامٍ يُعرف بالذكاء الاصطناعي العصبي الرمزي (Neuro-Symbolic AI)، يسعى إلى الجمع بين نقاط القوة في كل من المقاربتين ضمن إطار هجين واحد، بحيث تُستثمر قدرة الشبكات العصبية العميقة على التعلم من البيانات الخام واستخلاص الأنماط منها، إلى جانب قدرة الأنظمة الرمزية على الاستدلال المنطقي الصريح والتفسير الشفاف لمخرجات النظام (13). وقد أظهرت النماذج العصبية الرمزية الأولية قدرة على تفوق بعض نماذج التعلم العميق التقليدية في مهام محددة كالاستدلال البصري وتحليل مقاطع الفيديو، مع تحقيق دقة عالية باستخدام كميات أقل بكثير من بيانات التدريب مقارنة بالنماذج التقليدية (18).

وقد وجد هذا التوجه التكاملي تطبيقات واعدة في مجالات حساسة تتطلب مستوى عاليًا من الشفافية والموثوقية، من بينها مجال الأمن السيبراني وحماية الخصوصية، حيث تُستثمر المعرفة الرمزية الصريحة المتمثلة في الرسوم البيانية المعرفية (Knowledge Graphs) لتعزيز قابلية تفسير قرارات النماذج العصبية وتحسين موثوقيتها في التعامل مع تهديدات جديدة غير مسبوقة (19)، وكذلك في المجال الطبي، حيث أظهرت مراجعات علمية واسعة شملت مئات الدراسات المنشورة في قواعد بيانات علمية مرموقة تقدمًا ملحوظًا لهذا التوجه في مهام اكتشاف الأدوية وهندسة البروتينات، من خلال دمج الاستدلال المنطقي الصريح مع قدرات الشبكات العصبية على التعلم من البيانات البيولوجية المعقدة (20). ويرى بعض الباحثين أن الذكاء الرمزي، بفضل شفافيته الخوارزمية الكاملة، يظل الوسيلة الوحيدة القادرة على توفير حماية آلية موثوقة لقرارات الأنظمة الذكية عالية الخطورة، رغم اعترافهم بالعقبات الأساسية التي لا تزال تحد من انتشاره الواسع، ومنها غموض المصطلحات اللغوية الطبيعية دلاليًا وصعوبة بناء أنطولوجيا شاملة تغطي تعقيد العالم الواقعي (21).

المطلب السادس: مزايا وحدود النظم الخبيرة

1. مزايا النظم الخبيرة

- تخزين المعرفة الصريحة ومحاكاة المعرفة الضمنية للخبراء البشريين، بما يوثق هذه الخبرة ويحفظها من الضياع أو التقادم بتقاعد الخبير أو تركه العمل.
- ضمان الاتساق والموضوعية والدقة في اتخاذ القرار، إذ لا يخضع النظام الخبير للتقلبات المزاجية أو التعب أو النسيان الذي قد يعترى الخبير البشري.
- توافر الخبرة على مدار الساعة وبتكلفة تشغيلية أقل نسبيًا بعد اكتمال بناء النظام، مقارنة بتكلفة استقدام خبير بشري متخصص في كل موقع وزمان يحتاج إليه.
- قابلية تفسير الاستنتاجات المقدمة، بما يتيح للمستخدم فهم أساس التوصية والثقة بها، وهي ميزة تفتقر إليها كثير من مقاربات الذكاء الاصطناعي دون الرمزي المعاصرة.
- إمكانية استخدامها كأداة تدريبية للمتدربين الجدد في المجال، إذ يتيح تتبع تسلسل الاستدلال فهم منطق الخبراء المتمرسين خطوة بخطوة.

2. حدود النظم الخبيرة

رغم هذه المزايا، تعاني النظم الخبيرة من محدودات جوهرية أثبتتها التجربة العملية عبر عقود من التطبيق، أبرزها أن هذه الأنظمة تفتقر إلى المهارات الحسية والحدس الذي يمتلكه الخبير البشري، ولا يمكنها التعامل إلا مع معلومات ذات نسبة صحة كبيرة نسبيًا، بخلاف الإنسان الخبير القادر على التعامل مع معلومات غير كاملة أو غامضة كما يفعل الطبيب الاستشاري حين يشخص حالة بناءً على معطيات ناقصة (10). كما أن النظام الخبير محدود بحدود قاعدة معرفته الضيقة أصلاً، إذ لا يمتلك القدرة على تعميم معرفته إلى مجالات أو سياقات لم تُدرج صراحة ضمن قواعده، وهو ما يجعله هشاً أمام أي حالة استثنائية تخرج عن النطاق المتوقع الذي صُمم من أجله.

ويضاف إلى ذلك عبء عنق الزجاجة في اكتساب المعرفة الذي سبقت الإشارة إليه، والذي يجعل عملية بناء وتحديث قاعدة المعرفة عملية بطيئة ومكلفة تتطلب تعاونًا وثيقًا ومستمرًا بين مهندس المعرفة والخبير البشري، فضلاً عن أن أي تغيير جوهري في طبيعة المجال التطبيقي، كظهور بروتوكولات علاجية طبية جديدة على سبيل المثال، يستلزم مراجعة موسعة لقاعدة المعرفة

بأكملها للحفاظ على دقة النظام وموثوقيته. وقد كانت هذه المحدودات مجتمعة السبب الرئيسي وراء تراجع الاستثمار التجاري في النظم الخبيرة مع مطلع التسعينيات، وهو ما فتح المجال أمام صعود المقاربات الإحصائية القائمة على تعلم الآلة التي تناولها المبحث الأول من هذا الفصل بوصفها بديلاً أكثر قدرة على التعامل مع التعقيد والتغير المستمر في بيانات التطبيق الواقعية.

3. الإرث المعرفي للنظم الخبيرة وامتداده المعاصر

لا ينبغي أن يُفهم تراجع الاستثمار التجاري في النظم الخبيرة مطلع التسعينيات بوصفه نهاية لهذا التوجه أو دليلاً على فشله المطلق؛ فقد ترك هذا التوجه إرثاً معرفياً ومنهجياً عميقاً لا يزال أثره حاضراً بقوة في تطبيقات معاصرة متعددة. فمن الناحية المنهجية، أسست النظم الخبيرة تخصص هندسة المعرفة بوصفه حقلاً مستقلاً قائماً بذاته، له أدواته ومنهجيته الخاصة في استخلاص المعرفة البشرية وتشفيرها آلياً، وهو تخصص لا يزال حاضراً في تصميم أنظمة دعم القرار المعاصرة وأنظمة إدارة المعرفة المؤسسية. ومن الناحية التطبيقية، لا تزال مبادئ النظم الخبيرة حاضرة في صورة مباشرة في أنظمة محركات القواعد (Rule Engines) المستخدمة على نطاق واسع في القطاع المصرفي للكشف عن الاحتيال، وفي القطاع الصناعي لأنظمة المراقبة والتحكم، وفي مجال الامتثال التنظيمي والقانوني حيث تتطلب طبيعة المهمة ذاتها شفافية تفسيرية عالية لا تزال المقاربة الرمزية توفرها بصورة أفضل من كثير من نماذج التعلم العميق المعاصرة.

وكما سبقت الإشارة في المطلب الخامس من هذا المبحث، فإن هذا الإرث يجد امتداده الأوضح اليوم في التوجه المتنامي نحو الذكاء العصبي الرمزي، الذي يسعى إلى إحياء مزايا الشفافية والاستدلال المنطقي الصريح التي ميزت النظم الخبيرة، ودمجها مع القدرة الفائقة لنماذج التعلم العميق على التعامل مع البيانات الضخمة وغير المهيكلة، بما يفتح آفاقاً جديدة أمام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في مجالات تتطلب موثوقية وشفافية عالية، وهو ما سيتضح جلياً عند تناول تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع في المبحث الثالث من هذا الفصل.

خلاصة المبحث الثاني

يخلص هذا المبحث إلى أن النظم الخبيرة مثّلت التجسيد التطبيقي الأنجح لمقاربة الذكاء الاصطناعي الرمزي، إذ انتقلت بهذا الحقل من طور البحث النظري المجرد في أساليب عامة لحل المشكلات إلى طور التطبيق التجاري القائم على تشفير معرفة متخصصة عميقة، بدءًا من نظام دندرال الرائد مرورًا بنظام مايسن وإنترنيست وكادوسيوس وبروسبكتور، ووصولًا إلى الطفرة التجارية الواسعة التي شهدها عقد الثمانينيات بقيادة أنظمة كنظام إكسكون. كما اتضح أن هذه النظم تقوم على بنية متكاملة من المكونات، أبرزها قاعدة المعرفة ومحرك الاستدلال ووحدة التفسير، تعمل معًا وفق آليتي الاستدلال الأمامي والخلفي على محاكاة أسلوب الخبير البشري في التفكير بأسلوب شفاف قابل للتتبع والتفسير.

كما تبين أن الذكاء الرمزي الذي تقوم عليه هذه النظم يستند إلى أساس فلسفي ومنطقي متين تمثله فرضية أنظمة الرموز الفيزيائية لنويل وسيمون والمنطق الصوري بفروعه المختلفة، وأنه يوظف أساليب متعددة لتمثيل المعرفة كقواعد الإنتاج والشبكات الدلالية والأطر والأنطولوجيا. وقد كشفت المقارنة بين الذكاء الرمزي والذكاء دون الرمزي عن تقابل جوهري بين شفافية الأول وقدرة الثاني على التعامل مع البيانات المعقدة، وهو تقابل دفع نحو بروز توجه الذكاء العصبي الرمزي التكاملي بوصفه أفقًا بحثيًا واعدًا.

وعلى الرغم من المحدودات البنيوية التي حدّت من انتشار النظم الخبيرة تجاريًا منذ مطلع التسعينيات، وعلى رأسها عنق الزجاجة في اكتساب المعرفة وهشاشة الأداء خارج نطاق القواعد المبرمجة، فإن الذكاء الرمزي لم يندثر، بل ترك إرثًا منهجيًا وتطبيقيًا لا يزال حاضرًا في هندسة المعرفة المعاصرة وأنظمة محركات القواعد، ويشهد اليوم إحياءً متجددًا ضمن التوجهات الهجينة التي تسعى إلى الجمع بين شفافية الرمزية وقدرة الاتصالية على التعلم من البيانات، وهو ما يفتح آفاقًا جديدة أمام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع، وهو الموضوع الذي سيتناوله المبحث الثالث والأخير من هذا الفصل.

مصادر المبحث الثاني

أولاً: المصادر العربية

1. مدونة (ronyab15)، النظم الخبيرة Expert Systems: مكونات النظم الخبيرة، متاح على: ronyab15.blogspot.com
2. مدونة المعرفة (abataweel)، النظم الخبيرة، متاح على: abataweel.blogspot.com
3. هارفارد بزنس ريفيو العربية، شرح معنى النظم الخبيرة (Expert Systems)، دليل مصطلحات، متاح على: hbrarabic.com
4. موقع المعرفة، نظم خبيرة، متاح على: marefa.org
5. موقع motwr، تعرف على مفهوم النظم الخبيرة Expert Systems، متاح على: motwr.com
6. محمد العارضة، النظم الخبيرة في الذكاء الاصطناعي: تعريف وتطبيقات في الواقع، متاح على: mohammedalard.com
7. ويكيبيديا، مدخل ذكاء اصطناعي رمزي، متاح على: ar.wikipedia.org
8. ويكيبيديا، مدخل شبكة دلالية، متاح على: ar.wikipedia.org
9. ويكيبيديا، مدخل ذكاء اصطناعي، متاح على: ar.wikipedia.org

ثانياً: المصادر الأجنبية

10. Press, G. (2022). History of AI in 33 Breakthroughs: The First Expert System. Forbes.
11. Encyclopaedia Britannica. Edward Albert Feigenbaum. britannica.com
12. Wikipedia contributors. Expert system. en.wikipedia.org
13. Wikipedia contributors. Edward Feigenbaum. en.wikipedia.org
14. Lindsay, R. K., Buchanan, B. G., Feigenbaum, E. A., & Lederberg, J. (1993). DENDRAL: A Case Study of the First Expert System for Scientific Hypothesis Formation. Artificial Intelligence, 61, 209-261.
15. Feigenbaum, E. A. Expert Systems in the 1980s. Stanford University. stacks.stanford.edu
16. A brief history of AI: how to prevent another winter (a critical review). arXiv:2109.01517.

17. Technologists in Sync. What Is The MYCIN Expert System? technologistsinsync.com
18. A Historical Interaction between Artificial Intelligence and Philosophy. [arXiv:2208.04148](https://arxiv.org/abs/2208.04148).
19. Ultralytics. What is Symbolic AI? Concepts, Logic & Rules. ultralytics.com/glossary/symbolic-ai
20. Ultralytics. Neuro-Symbolic AI: Neural Networks Meet Reasoning. ultralytics.com/blog
21. Susskind, Z., Arden, B., John, L. K., Stockton, P., & John, E. B. Neuro-Symbolic AI: An Emerging Class of AI Workloads and their Characterization. [arXiv:2109.06133](https://arxiv.org/abs/2109.06133).
22. Piplai, A., Kotal, A., Mohseni, S., Gaur, M., Mittal, S., & Joshi, A. Knowledge-enhanced Neuro-Symbolic AI for Cybersecurity and Privacy. [arXiv:2308.02031](https://arxiv.org/abs/2308.02031).
23. A Study on Neuro-Symbolic Artificial Intelligence: Healthcare Perspectives. [arXiv:2503.18213](https://arxiv.org/abs/2503.18213).
24. Kalmykov, V., & Kalmykov, Z. XXAI: Towards eXplicitly eXplainable Artificial Intelligence. [arXiv:2401.03093](https://arxiv.org/abs/2401.03093).

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع

Applications of Artificial Intelligence in Knowledge and Society

م.م. زيد حامد مطشر

التعليم المهني - قسم التعليم المهني في ذي قار - العراق

الملخص

يتناول الفصل تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المعرفة والمجتمع، من خلال تغير أساليب إنتاج المعلومات وتنظيمها واسترجاعها وتوظيفها في الخدمات والعمل. ويعرض الذكاء الاصطناعي بوصفه مجموعة أدوات ونظم تتباين قدراتها بحسب المهام والبيانات والسياق، لا باعتباره تقنية واحدة متجانسة. ويصل بين خصائص هذه الأدوات والفرص التي تتيحها للتحليل والأتمتة والتفاعل مع المستخدمين.

وتشمل المعالجة تطبيقات في التعليم والتعلم والبحث والمكتبات وخدمات المعلومات، مع بيان دور الأنظمة الذكية في تنظيم المحتوى والبحث والتوصية وتخصيص بعض الخدمات. كما يناقش الفصل الاستخدامات في العمل والإدارة والنقل والصحة وغيرها من المجالات المجتمعية، مبرراً ما قد تتيحه معالجة البيانات والتنبؤ من دعم للقرارات وتحسين تنظيم الموارد. وتعرض التطبيقات ضمن اختلاف حاجات القطاعات وطبيعة المستخدمين، دون مساواة النماذج المقترحة بالنتائج المتحققة في كل مؤسسة.

ويخصص الفصل اهتماماً للتحديات الاجتماعية والأخلاقية، ومنها الخصوصية وأمن البيانات والتحيز والشفافية والمسؤولية وتأثير الأتمتة في المهارات وفرص العمل. ويناقش الحاجة إلى التأهيل والوعي الرقمي والحوكمة التي توضح حدود الاستخدام وأدوار البشر في المراجعة والمساءلة. وتؤكد الخلاصة أن قيمة الذكاء الاصطناعي ترتبط بقدرته على خدمة حاجات معرفية واجتماعية محددة مع إدارة مخاطره، لا بمجرد التوسع في إدخاله. وتقدم المشاركة مراجعة مفاهيمية للتطبيقات والآثار، تساعد على التمييز بين الإمكانيات التقنية ومتطلبات الاستفادة المؤسسية والمجتمعية منها، من غير ادعاء قياس تجريبي شامل لهذه الآثار.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ المعرفة؛ التطبيقات المجتمعية؛ الخصوصية؛ الحوكمة الرقمية

Abstract

This chapter reviews applications of artificial intelligence in knowledge and society, focusing on changes in the production, organization, retrieval, and use of information. Artificial intelligence is presented as a range of tools and systems whose capabilities vary with tasks, data, and context, rather than as a single homogeneous technology. The discussion connects their characteristics with opportunities for analysis, automation, and user interaction.

Applications in education, learning, research, libraries, and information services are considered through content organization, search, recommendation, and selected forms of service personalization. The chapter also discusses work, management, transport, health, and other social settings, examining how data processing and prediction may support decisions and resource organization. Applications are situated within different sectoral and user requirements; proposed possibilities are not treated as outcomes already achieved in every institution.

Social and ethical challenges include privacy, data security, bias, transparency, responsibility, and the effects of automation on skills and employment. These issues lead to discussion of training, digital awareness, and governance that defines the boundaries of use and the role of human review and accountability. The chapter concludes that value depends on meeting specific knowledge and societal needs while managing risks, not simply on increasing adoption. Its contribution is a conceptual review of applications and implications, distinguishing technical possibilities from the organizational and social conditions needed to benefit from them. It does not claim comprehensive experimental measurement of these effects.

Keywords: Artificial intelligence; Knowledge; Societal applications; Privacy; Digital governance

بعد أن تناول المبحث الأول التأصيل المفاهيمي والتاريخي للذكاء الاصطناعي، وتناول المبحث الثاني النظم الخبيرة والذكاء الرمزي بوصفهما أول محطة تطبيقية ناجحة لهذا الحقل، يأتي هذا المبحث الثالث والأخير من الفصل ليعقد الصلة بين هذا التأصيل النظري وبين واقع الذكاء الاصطناعي المعاصر وتطبيقاته الممتدة في ميادين إنتاج المعرفة والحياة المجتمعية بمختلف قطاعاتها. ويسعى هذا المبحث إلى الإجابة عن أسئلة رئيسية: كيف أسهم الذكاء الاصطناعي في تحويل ممارسات إنتاج المعرفة والبحث العلمي؟ وما أبرز تطبيقاته في القطاعات المجتمعية الحيوية كالتعليم والصحة والاقتصاد والإعلام؟ وما أثره على سوق العمل، إيجاباً وسلباً؟ وما القضايا الأخلاقية والاجتماعية التي يثيرها هذا الانتشار الواسع؟ وأخيراً، ما ملامح مستقبل هذه التقنية في المجتمعات المعرفية المعاصرة؟

المطلب الأول: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في إنتاج المعرفة والبحث العلمي

يمثل ميدان إنتاج المعرفة والبحث العلمي أحد أكثر الميادين حساسية لأثر الذكاء الاصطناعي، ذلك أنه يتصل مباشرة بالوظيفة الجوهرية للمؤسسات الأكاديمية والبحثية في المجتمع، وهي توليد معرفة جديدة موثوقة والتحقق منها ونشرها. وقد تحول هذا الأثر من كونه أداة مساعدة هامشية إلى شريك فاعل في مراحل متعددة من العملية المعرفية، بدءاً من جمع البيانات ومعالجتها، مروراً بتحليلها واستخلاص الأنماط منها، وصولاً إلى صياغة النصوص العلمية ونشرها وإتاحتها للباحثين اللاحقين عبر أنظمة استرجاع معلومات متزايدة الذكاء.

1. الذكاء الاصطناعي وتحول ممارسات البحث العلمي

أحدث الذكاء الاصطناعي تحولاً ملموساً في ممارسات البحث العلمي وإنتاج المعرفة، إذ لم يعد دوره مقتصرًا على أتمتة مهام حسابية روتينية، بل امتد إلى المشاركة الفعلية في مراحل الإنتاج المعرفي ذاته. فقد بات بعض الباحثين الأكاديميين يختبرون قدرة أدوات الذكاء الاصطناعي المتخصصة في البرمجة على إنشاء أوراق بحثية وتأليفها تلقائيًا، فيما يستخدمها آخرون في أبحاث علم الأحياء، ويجري الصحفيون تجارب عليها لكتابة مقالات تعتمد على تحليل البيانات (5). وقد وُصف هذا التقدم بأنه مذهل ومثير للقلق في آن واحد، إذ إن الجودة الفعلية لكثير من هذه المخرجات المؤلفة آلياً لا تزال غير واضحة المعايير، رغم القفزة النوعية في السرعة التي باتت

هذه الأدوات توفرها لإنجاز مهام كانت تستغرق سابقًا أسابيع كاملة في غضون ساعات معدودة (5).

وفي السياق العربي تحديدًا، ظهرت مبادرات لتطوير نماذج ذكاء اصطناعي توليدي متخصصة ناطقة بالعربية، مدربة على مئات الملايين من المقالات والدراسات، بهدف توليد إجابات دقيقة تخدم الباحثين والمستخدمين في العالم العربي في مجالات الدراسات الاجتماعية والإسلامية على وجه الخصوص، وهو ما يعكس وعيًا متزايدًا بأهمية سد الفجوة اللغوية والثقافية في تطبيقات الذكاء الاصطناعي التوليدي عربيًا.

ولا يقتصر أثر الذكاء الاصطناعي في إنتاج المعرفة على مساعدة الباحث الفردي في مهام الكتابة والتحليل، بل يمتد إلى تحويل منهجيات البحث العلمي ذاتها في حقول متعددة؛ ففي العلوم التجريبية، باتت خوارزميات التعلم الآلي تُستخدم على نطاق واسع لاكتشاف الأنماط الخفية في مجموعات بيانات ضخمة يتعذر على الباحث البشري مسحها يدويًا، كما هو الحال في تحليل البيانات الجينومية أو بيانات الرصد الفلكي أو بيانات الاستشعار عن بعد المناخية. وفي العلوم الإنسانية والاجتماعية، فتحت تقنيات معالجة اللغة الطبيعية آفاقًا جديدة أمام ما يُعرف بالإنسانيات الرقمية (Digital Humanities)، التي توظف هذه التقنيات في تحليل مدونات نصية ضخمة من الأدب والتاريخ والتراث، واستخلاص أنماط أسلوبية أو دلالية أو إحصائية منها بصورة يتعذر تحقيقها بالمنهجيات التقليدية القائمة على القراءة اليدوية المحضة.

كما أسهمت أدوات الذكاء الاصطناعي في تسريع مراحل عملية النشر العلمي ذاتها، من مساعدة الباحثين على تلخيص الأدبيات السابقة ومراجعتها بصورة أولية، إلى دعم عملية التحكيم العلمي عبر أدوات الكشف عن الانتحال الأدبي وتقييم جودة الصياغة اللغوية، وإن ظل الحكم النهائي على الأصالة العلمية والمنهجية للبحث مسؤولية حصرية للباحثين والمحكمين البشريين، نظرًا لما تتطلبه هذه المهمة من حكم نقدي وسياقي يتجاوز قدرة الأنظمة الآلية الحالية.

2. الذكاء الاصطناعي في المكتبات الرقمية ونظم استرجاع المعلومات

يمثل قطاع المكتبات ومراكز المعلومات أحد أبرز الميادين التي أعاد الذكاء الاصطناعي تشكيلها جذريًا، إذ تحولت المكتبات الرقمية من مستودعات سلبية للمعرفة إلى بيئات تفاعلية ذكية قادرة

على فهم استفسارات الباحثين ومعالجتها دلاليًا لا شكليًا فحسب. فقد أظهرت دراسات متعددة أن توظيف الذكاء الاصطناعي في استرجاع المعلومات بالمكتبات الجامعية أسهم في تحسين ملحوظ في القدرة الإدارية الشاملة لهذه المكتبات وفي تجربة المستخدم، وإن كانت هذه الدراسات نبّهت في الوقت ذاته إلى قصور قائم في فهم اللغة الطبيعية ووضوح تمثيل المعرفة وصعوبة اكتساب المعرفة ضمن نظم الاسترجاع الذكية الحالية، مما يستدعي مزيدًا من التطوير التقني الجوهري لاستثمار كامل إمكاناتها (14).

وتتوزع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المكتبات على ثلاثة مجالات رئيسية: أنظمة التوصية بالمصادر، ونظم استرجاع المعلومات والموارد، وتقنيات التعرف الضوئي على الحروف لرقمنة النصوص المطبوعة والمخطوطات (16). وقد أسهم دمج معالجة اللغات الطبيعية والرسوم البيانية المعرفية وخوارزميات تعلم الآلة في تطوير أنظمة بحث دلالي تحسّن من دقة نتائج البحث وملاءمتها لحاجة الباحث الفعلية، بما يجعل المكتبات أكثر سهولة في الوصول وأكثر كفاءة في الأداء (15). كما بات الذكاء الاصطناعي يُسهم في أتمتة المهام الروتينية كالفهرسة والإعارة، مع تحسين تجربة المستخدمين عبر أنظمة توصية أفضل بالكتب وروبوتات دردشة معلوماتية تقدم استجابات فورية لاستفسارات الباحثين (20).

وقد كشف تحليل ببليومتري واسع لأدبيات علم المعلومات والمكتبات المتعلقة بالذكاء الاصطناعي أن التوجهات البحثية في هذا الميدان تطورت عبر مراحل متعاقبة: من التصنيف الآلي وتنظيم المحتوى في المرحلة المبكرة، إلى استرجاع المعلومات القائم على البيانات ونماذج الذكاء الاصطناعي الحافظة للخصوصية في مرحلة لاحقة، وصولاً إلى مرحلة معاصرة يهيمن عليها التعلم الآلي والتعلم العميق ونظم النشر الأكاديمي المدعومة بالذكاء الاصطناعي، بما يشكل ملامح مستقبل المكتبات الرقمية والمستودعات المعرفية المفتوحة (21). غير أن هذا التوسع لا يخلو من تحديات جوهرية تتعلق بخصوصية بيانات المستخدمين، والانحياز الخوارزمي المحتمل في خوارزميات الترتيب والتوصية، وضرورة تأهيل العاملين في المكتبات للتعامل مع هذه الأدوات الجديدة بكفاءة (18، 19).

المطلب الثاني: تطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجالات المجتمعية

لم يعد أثر الذكاء الاصطناعي مقتصرًا على قطاع بعينه، بل امتد ليشمل تقريبًا كل قطاع من قطاعات الحياة المجتمعية المعاصرة، وإن تفاوتت درجة نضج هذا التوظيف وعمقه من قطاع لآخر. ويستعرض هذا المطلب أبرز هذه القطاعات، مع التركيز على القطاعات الأكثر مباشرة تأثيرًا في حياة الأفراد اليومية وفي بنية المجتمع ومؤسساته.

1. التعليم: التعلم التكيفي والأنظمة التعليمية الذكية

يُعد قطاع التعليم من أكثر القطاعات التي شهدت تحولًا جذريًا بفعل تقنيات الذكاء الاصطناعي، إذ لم يعد دور هذه التقنيات مقتصرًا على أتمتة المهام الإدارية، بل امتد إلى صميم العملية التعليمية ذاتها. فمن أبرز هذه التطبيقات خوارزميات التعلم الشخصي التي تتكيف مع احتياجات كل طالب على حدة، ومنصات تحليل البيانات التعليمية لفهم أداء الطلاب والتعرف على نقاط القوة والضعف لديهم، ونظم التقييم الذكي التي توفر تقييمًا شخصيًا مصحوبًا بتوصيات محددة لتحسين مسار التعلم (2، 3).

وقد أسهمت هذه التقنيات في تحديث المناهج الدراسية بصورة تلقائية وسريعة استجابة للانفجار المعرفي المتسارع، إذ إن تطوير المناهج العلمية التقليدية وطباعة الكتب المتخصصة عملية بطيئة معقدة قد تستغرق سنوات، بينما تمتلك تقنيات الذكاء الاصطناعي القدرة على استنتاج المعارف والمهارات المطلوبة في وقت معين وتحديث الدروس تلقائيًا وتقديمها للطلاب بما يناسب احتياجاته وقدراته الفردية (4). كما ساهمت هذه التقنيات في تعزيز فرص التعليم لذوي الاحتياجات الخاصة والمتعلمين متعددي اللغات، عبر أدوات دعم تتكيف مع احتياجاتهم الخاصة، بما يوفر مزيدًا من التخصيص والمرونة في تجربة التعلم (3).

ويظهر أثر الذكاء الاصطناعي بوضوح خاص في مجال التعليم عن بُعد، إذ استفادت العديد من منصات التعلم عبر الإنترنت من هذه التقنيات في تعزيز تجربة التعلم وإشراك الطلبة بصورة أكثر فعالية، وأدى ذلك إلى تطوير تطبيقات تعليمية تتيح تخصيص المحتوى وتحسين النتائج التعليمية، إضافة إلى جعل الدورات التدريبية الافتراضية الكبيرة أكثر تفاعلية (8). كما يوفر الذكاء الاصطناعي للطلبة تغذية راجعة فورية تمدهم بتعليقات مفصلة حول أدائهم، بما يساعد كل طالب على التعرف على نقاط قوته وضعفه بدقة أكبر، وهو ما يعزز من نتائج التعلم عمومًا (8). وتجدر

الإشارة إلى ظهور منصات متخصصة تعتمد في إعداد خطط تعلم مخصصة على تحليلات البيانات وعلم الأعصاب المعرفي معًا، بما يتيح للمعلمين متابعة المستوى التعليمي للطلبة وتحديد فجوات التعلم لديهم وتقديم اقتراحات فردية لتحسين مستوى كل طالب على حدة (8).

ومع ذلك، فإن تحقيق تعليم مدعوم بالذكاء الاصطناعي بصورة فعالة ومنصفة يتطلب تعاونًا مشتركًا بين المطورين والباحثين التربويين والمجتمع بأسره، لضمان أن تكون هذه الأدوات وسيلة لتعزيز التعليم وإتاحته بشكل أكثر شمولية وإنصافًا، لا أداة لتعميق الفجوات القائمة بين الطلاب أو المؤسسات التعليمية المتفاوتة في قدرتها على تبني هذه التقنيات (6). ومن أبرز التحديات التي تواجه هذا التوجه اعتماد بعض هذه الأدوات اعتمادًا مفرطًا قد يضعف من مهارات التفكير النقدي المستقل لدى الطلاب إن لم يُدمج استخدامها ضمن استراتيجيات تربوية واعية توازن بين الاستفادة من قدرات الأتمتة والحفاظ على الدور المحوري للمعلم البشري في توجيه العملية التعليمية وتنمية القيم والمهارات التي يصعب على الآلة محاكاتها.

2. الصحة: التشخيص المساعد والدعم السريري

يمتد استخدام الذكاء الاصطناعي في القطاع الصحي من تحليل الصور التشخيصية والمساعدة في اكتشاف الأمراض المبكر، إلى دعم القرار السريري في اختيار البروتوكولات العلاجية المناسبة، وهو امتداد طبيعي للتقاليد التاريخية العريقة التي أسستها النظم الخبيرة الطبية المبكرة كنظام مايسن الذي سبق تفصيله في المبحث الثاني من هذا الفصل، غير أن التطبيقات المعاصرة باتت تستفيد من قدرات التعلم العميق على تحليل بيانات طبية عالية التعقيد كالصور الإشعاعية والفحوص المخبرية بدقة متزايدة، مع الحفاظ في الوقت ذاته على ضرورة إشراك الطبيب البشري في القرار النهائي نظرًا لحساسية هذا المجال وارتفاع كلفة الخطأ فيه.

ومن أبرز التطبيقات الصحية المعاصرة أنظمة الكشف المبكر عن الأورام السرطانية عبر تحليل الصور الشعاعية والنسجية بدقة تضاهي أحيانًا دقة الأطباء الاستشاريين المتمرسين في تخصصات بعينها، وأنظمة التنبؤ بمخاطر الإصابة بأمراض مزمنة معينة اعتمادًا على السجلات الصحية الإلكترونية للمريض وتاريخه المرضي، وأنظمة دعم قرار وصف الأدوية التي تنبئ الطبيب إلى تعارضات دوائية محتملة أو جرعات غير مناسبة بناءً على الملف الصحي الكامل للمريض. كما امتد استخدام هذه التقنيات إلى مجال اكتشاف الأدوية وتطويرها، إذ باتت

خوارزميات التعلم الآلي تُسهم في تسريع مراحل التنبؤ بالتفاعلات الجزيئية المحتملة بين المركبات الكيميائية والأهداف البيولوجية، بما يختصر بعض المراحل المكلفة زمنيًا وماليًا في عملية تطوير الأدوية الجديدة.

3. الاقتصاد والأعمال والموارد البشرية

توسع حضور الذكاء الاصطناعي في قطاع الأعمال والإدارة ليشمل أتمتة العمليات الإدارية الروتينية، ودعم اتخاذ القرار الاستراتيجي عبر تحليل بيانات السوق، وتحسين تجربة العملاء عبر روبوتات الدردشة الذكية، إضافة إلى تطبيقات متخصصة في إدارة الموارد البشرية كفرز السير الذاتية وتحليل أداء الموظفين، وهي تطبيقات تسعى الشركات من ورائها إلى تحقيق كفاءة تشغيلية أعلى وخفض التكاليف، على غرار ما حققته النظم الخبيرة التجارية المبكرة كنظام إكسكون الذي سبقت الإشارة إليه في المبحث الثاني.

ويمتد هذا الحضور كذلك إلى القطاع المالي والمصرفي، حيث تُستخدم خوارزميات التعلم الآلي في تقييم الجدارة الائتمانية للعملاء، والكشف الآني عن معاملات الاحتيال المالي عبر رصد الأنماط السلوكية غير الاعتيادية، وإدارة المحافظ الاستثمارية عبر أنظمة التداول الخوارزمي التي تتخذ قرارات الشراء والبيع خلال أجزاء من الثانية استنادًا إلى تحليل كميات هائلة من بيانات السوق الآنية. كما دخل الذكاء الاصطناعي ميدان سلاسل الإمداد والخدمات اللوجستية، عبر أنظمة تنبؤ بالطلب تساعد الشركات على تحسين إدارة المخزون وتخطيط مسارات التوزيع بكفاءة أعلى وتكلفة أقل، وميدان الزراعة الذكية، عبر أنظمة استشعار وتحليل بيانات تساعد المزارعين على تحسين قرارات الري والتسميد ومكافحة الآفات اعتمادًا على بيانات دقيقة لحالة التربة والمحصول في الوقت الفعلي.

4. الإعلام والصحافة

دخل الذكاء الاصطناعي ميدان الإعلام والصحافة من بوابات متعددة، من كتابة التقارير الإخبارية القائمة على البيانات آليًا، إلى أدوات التحقق من صحة المعلومات ومكافحة المعلومات المضللة، إلى أنظمة التوصية بالمحتوى التي تحدد ما يظهر للمستخدم على المنصات الإخبارية الرقمية. وقد أجرى صحفيون تجارب فعلية على أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي لكتابة مقالات تعتمد على

تحليل بيانات ضخمة، وهي تجارب كشفت عن إمكانات واعدة إلى جانب تحديات جوهرية تتعلق بدقة المعلومات المولدة آلياً وموثوقيتها (5).

وتحمل هذه التطبيقات وجهين متقابلين في الميدان الإعلامي؛ فمن جهة، تتيح تقنيات الذكاء الاصطناعي أدوات فعالة لرصد وتحليل المحتوى المضلل والمفبرك بسرعة تفوق قدرة المحررين البشريين على المراجعة اليدوية، كما تساعد في تخصيص المحتوى الإخباري بما يناسب اهتمامات كل قارئ على حدة؛ ومن جهة أخرى، فإن التقنيات ذاتها التي تُستخدم للتحقق من المحتوى يمكن توظيفها بصورة معكوسة لإنتاج محتوى مضلل بالغ الإتقان يصعب تمييزه عن المحتوى الحقيقي، سواء في صورة نصوص أو صور أو مقاطع فيديو مصطنعة، بما يفرض على المؤسسات الإعلامية والجهات الرقابية مسؤولية مضاعفة في تطوير أدوات كشف موازية بالسرعة والفعالية ذاتهما.

المطلب الثالث: الذكاء الاصطناعي وسوق العمل

1. الأثر الاقتصادي الكلي المتوقع

تشير التقديرات الاقتصادية الدولية إلى أن الذكاء الاصطناعي يحمل إمكانات هائلة لتوليد نشاط اقتصادي عالمي إضافي يقدر بنحو ثلاثة عشر تريليون دولار بحلول سنة 2030، أي ما يعادل زيادة تراكمية تناهز ستة عشر بالمئة في الناتج المحلي الإجمالي العالمي مقارنة بمستواه الحالي، بما يوازي نمواً سنوياً إضافياً في الناتج المحلي يقارب 1.2 بالمئة، وهو أثر يُقارَن في حجمه بأثر التقنيات العامة التحويلية الكبرى عبر التاريخ الاقتصادي الحديث (22). وتشير التقديرات ذاتها إلى أن نحو سبعين بالمئة من الشركات ستكون قد تبنت تقنية ذكاء اصطناعي واحدة على الأقل بحلول سنة 2030، وإن كان أقل من نصفها سيكون قد استوعب كامل فئات هذه التقنية استيعاباً تاماً (22). ويُتوقع أن يتوزع هذا الأثر الاقتصادي بصورة غير متكافئة بين القطاعات، إذ تشير التقديرات إلى أن القطاعات الأكثر استفادة ستكون تلك التي تعتمد بصورة أساسية على معالجة المعلومات واتخاذ القرارات المتكررة، كالقطاع المالي والخدمات اللوجستية وتجارة التجزئة، في مقابل استفادة أبطأ نسبياً للقطاعات التي تتطلب مهارات حركية دقيقة أو تفاعلاً إنسانياً مباشراً لا تزال الآلات بعيدة عن مضاهاته.

2. المخاوف من الإحلال الوظيفي

في المقابل، تثير هذه الطفرة مخاوف جدية بشأن الإحلال الوظيفي، إذ قدر المنتدى الاقتصادي العالمي أن الذكاء الاصطناعي قد يحل محل نحو خمسة وثمانين مليون وظيفة عالميًا في غضون سنوات قليلة، بينما تشير تقديرات أخرى إلى أن ما يصل إلى ثلاثين بالمئة من الوظائف قد يصبح قابلاً للأتمتة بحلول منتصف العقد القادم، مع تفاوت في توزيع هذا الأثر بين الفئات المهنية والجنسين تبعاً لطبيعة المهام السائدة في كل قطاع (22). وتشير دراسات أخرى إلى أن بعض التقديرات الأكثر تحفظاً تتحدث عن تعرض ما يقارب ثلاثمئة مليون وظيفة بدوام كامل حول العالم لأثر الذكاء الاصطناعي التوليدي، مع تركيز هذا الأثر بصورة خاصة في الأعمال الإدارية والقانونية (23).

غير أن الأدلة التجريبية المبكرة المستقاة من بيانات سوق العمل الفعلية تقدم صورة أكثر تعقيداً وتوازناً من التوقعات النظرية المجردة. فقد خلصت دراسة تحليلية حديثة شملت السوق الأمريكية إلى أن الصورة العامة لأثر الذكاء الاصطناعي على سوق العمل حتى الآن تعكس استقراراً نسبياً لا اضطراباً جوهرياً على مستوى الاقتصاد ككل، رغم تسارع وتيرة تغير التركيبة المهنية مقارنة بموجات التغير التقني السابقة، وهو ما يوحي بأن الآثار الواسعة النطاق لهذه التقنية ستحتاج إلى وقت أطول لتتبلور بصورة كاملة وملموسة (24). كما تشير أبحاث أخرى إلى أن الفئات الأكثر عرضة للتأثر المبكر هي العمال الجدد في بداية مسارهم المهني، وبعض القطاعات المعرفية والإبداعية المحددة كالاستشارات الإدارية ومراكز خدمة العملاء والتصميم الجرافيكي، دون أن يظهر بعد أثر شامل واضح المعالم على مستوى الاقتصاد بأكمله (25، 27).

3. بين الإحلال وإعادة التوزيع: أدلة تجريبية دقيقة

قدّمت أبحاث اقتصادية متخصصة حديثة أدوات قياس أكثر دقة لفهم هذا الأثر، إذ طوّرت إحدى الدراسات مقاييس جديدة لمدى تعرض المهام الوظيفية للذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة اعتماداً على تقنيات معالجة اللغة الطبيعية، وخلصت إلى أن المهام الأكثر عرضة لهذه التقنيات تشهد تراجعاً لاحقاً في الطلب على العمالة المرتبطة بها، مع تمييز منهجي دقيق بين أثر الإحلال المباشر للعمالة وبين الأثر التعويضي غير المباشر الناتج عن إعادة توزيع الجهد البشري نحو مهام أخرى أقل عرضة للأتمتة (26). وقد بيّنت هذه الدراسة أن الآثار الإجمالية على مستوى التوظيف تظل

متواضعة نسبياً رغم قوة أثر الإحلال على مستوى المهام الفردية، إذ يعوّض الانخفاض في الطلب على العمالة في المهن الأكثر عرضة لارتفاع في الإنتاجية يخلق فرصاً جديدة في مواضع أخرى من الاقتصاد (26).

وتؤكد دراسات أخرى أن الذكاء الاصطناعي يحمل في طياته فرصاً اقتصادية معتبرة إلى جانب هذه المخاطر، من أبرزها زيادة الإنتاجية الفعلية الملموسة، إذ أظهرت إحدى الدراسات الاستقصائية ارتفاعاً ملحوظاً بلغ نحو ستة وستين بالمئة في إنتاجية الموظفين نتيجة تبني أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي في بيئة العمل (23)، وهو ما يشير إلى أن مفتاح الاستفادة القصوى من هذه التقنية مع تخفيف مخاطرها يكمن في إدارة مدروسة لعملية التحول تراعي إعادة تأهيل القوى العاملة وتوزيع مكاسب الإنتاجية بصورة عادلة بين مختلف الفئات الاجتماعية والمهنية.

ومن زاوية منهجية، ينبغي التنبيه إلى أن كثيراً من التقديرات الرقمية الواسعة النطاق حول أعداد الوظائف المهددة تستند إلى نماذج محاكاة نظرية تفترض سيناريوهات معينة لسرعة التبني ونطاقه، وهي تقديرات تتفاوت تفاوتاً كبيراً بين مصدر وآخر بحسب المنهجية المتبعة والافتراضات الأساسية التي تنبني عليها، مما يستدعي حذراً منهجياً عند التعامل معها بوصفها حقائق حتمية بدلاً من كونها سيناريوهات احتمالية قابلة للتغير بحسب مسار السياسات العامة وقرارات الشركات ذاتها. وقد لاحظت إحدى الدراسات التحليلية المعمقة أن التاريخ الاقتصادي الحديث لموجات الأتمتة السابقة، كأتمتة القطاع الصناعي بالروبوتات، لم يفض دوماً إلى النتائج التي توقعتها النماذج النظرية المبكرة، إذ غالباً ما تظهر آثار غير مباشرة معقدة يصعب حصرها في مقاييس بسيطة لعدد الوظائف المفقودة أو المستحدثة.

4. آثار التحول على طبيعة المهارات المطلوبة

يتجاوز أثر الذكاء الاصطناعي على سوق العمل مسألة عدد الوظائف المتأثرة إلى إعادة تشكيل طبيعة المهارات المطلوبة في سوق العمل ذاته؛ إذ يُتوقع أن يتراجع الطلب النسبي على المهارات الروتينية القابلة للأتمتة، سواء أكانت يدوية أم معرفية، في مقابل تصاعد الطلب على مهارات التفكير النقدي والإبداع وحل المشكلات المعقدة والمهارات الشخصية كالتواصل والعمل الجماعي والذكاء العاطفي، وهي مهارات لا تزال الأنظمة الذكية بعيدة عن مضاهاة الإنسان فيها. كما يُتوقع تصاعد الطلب على مهارات تقنية مستحدثة تتعلق بالتعامل مع أدوات الذكاء الاصطناعي ذاتها،

من صياغة الأوامر النصية الفعالة إلى القدرة على تقييم مخرجات هذه الأنظمة نقدياً والتحقق من دقتها، بما يجعل محور الأمية الرقمية والذكائية مهارة أساسية متزايدة الأهمية في سوق العمل المعاصر والمستقبلي على حد سواء، وهو ما يضع على عاتق الأنظمة التعليمية، كما سبقنا الإشارة في المطلب الثاني من هذا المبحث، مسؤولية جسيمة في إعادة تصميم مناهجها بما يواكب هذا التحول الجوهري في طبيعة سوق العمل.

المطلب الرابع: الآثار الاجتماعية والأخلاقية لانتشار الذكاء الاصطناعي

1. توصية اليونسكو بشأن أخلاقيات الذكاء الاصطناعي

في ظل تسارع انتشار تطبيقات الذكاء الاصطناعي وتعمق أثرها في مناحي الحياة المجتمعية المختلفة، اعتمدت الدول الأعضاء في منظمة اليونسكو، البالغ عددها مئة وثلاثاً وتسعين دولة، في نوفمبر من سنة 2021 أول اتفاق عالمي شامل بشأن أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، في خطوة وُصفت بأنها معيار عالمي غير مسبوق في هذا المجال (10). وقد جاءت هذه التوصية ثمرة عملية تشاورية واسعة شارك فيها أربعة وعشرون خبيراً متعدد التخصصات، إلى جانب مشاورات موسعة شملت خبراء من مئة وخمس وخمسين دولة، ومواطنين عاديين استُقيت آراؤهم عبر استبيان عالمي، ووكالات الأمم المتحدة، وطائفة واسعة من الأطراف المعنية الأخرى (11). وتوفر هذه التوصية دليلاً يهدف إلى ضمان أن تعزز التحولات الرقمية حقوق الإنسان وتساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مع معالجة قضايا جوهرية تتعلق بالشفافية والمساءلة والخصوصية، ووضع سياسات عملية المنحى تغطي مجالات إدارة البيانات والتعليم والثقافة والعمل والرعاية الصحية والاقتصاد (10). ومن أبرز التوصيات الجوهرية الواردة في هذا النص حماية بيانات الأفراد بما يتجاوز ما تقوم به شركات التكنولوجيا والحكومات حالياً، عبر ضمان مزيد من الشفافية والأهلية القانونية والتحكم الفعلي للأفراد في بياناتهم الشخصية (10). وقد أقرت اليونسكو في الوقت ذاته أن الذكاء الاصطناعي يدعم عمليات صنع القرار الحكومي والخاص، ويساهم في مواجهة تحديات عالمية كتغير المناخ والجوع، مع التحذير في الوقت ذاته من أن هذه التقنية تولّد تحديات غير مسبوقة تستوجب أطراً تنظيمية دقيقة (10).

وتتبع أهمية هذه التوصية من كونها الإطار المرجعي العالمي الأول من نوعه الذي يوفر للحكومات وصانعي السياسات مرجعية موحدة لتنظيم الذكاء الاصطناعي، بما يراعي خصوصيات السياقات الثقافية والتنموية المتفاوتة بين الدول الأعضاء (12). كما شددت اليونسكو، في سياق متصل بأولويات عملها الدولي، على ضرورة ضمان مشاركة القارة الأفريقية وسائر الدول النامية مشاركة كاملة في التحولات المرتبطة بالذكاء الاصطناعي، لا بوصفها مستفيدة سلبية من هذه التقنية فحسب، بل بوصفها مشاركة فعلية من المنبع في تطويرها، إلى جانب التأكيد على ضرورة مكافحة التحيزات المجتمعية القائمة لضمان عدم تكرارها داخل تطبيقات الذكاء الاصطناعي، وتمكين فئة الشباب عبر تزويدهم بالمهارات الرقمية اللازمة للاندماج في سوق عمل متغير بصورة متسارعة (9).

2. قضايا الخصوصية وحماية البيانات

تشير الكميات الهائلة من البيانات الشخصية التي تُجمع وتُحلَّل يوميًا بواسطة أنظمة الذكاء الاصطناعي قضايا جوهرية تتعلق بالسرية واحترام الحياة الخاصة للأفراد، إذ تتيح هذه الأنظمة، إذا أُسيء استخدامها، إمكانية التلاعب بسلوك المستخدمين ومراقبتهم دون علمهم، بما قد يمس بحرياتهم الأساسية وحقوقهم في الخصوصية (11). وقد أضحت هذه القضايا أكثر إلحاحًا مع تنامي الإمكانات الكامنة في نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدي، التي أثارت في بعض الأدبيات المتخصصة خوفًا من أن تبدأ الآلات في اتخاذ قرارات نيابة عن الإنسان دون رقابة كافية، وهو ما يستدعي أطرًا تنظيمية صارمة تضمن بقاء القرار النهائي في الشؤون الحساسة بيد الإنسان.

ويتصل بهذه القضية إشكالية أخرى تتعلق بالموافقة المستنيرة؛ إذ إن كثيرًا من مستخدمي التطبيقات الرقمية اليوم يوافقون على شروط استخدام تتيح جمع بياناتهم ومعالجتها بواسطة أنظمة ذكاء اصطناعي دون فهم كامل لحجم هذه البيانات أو أوجه استخدامها الفعلية، وهي فجوة معرفية بين المستخدم العادي ومطوري هذه الأنظمة تستدعي جهودًا توعوية موازية للجهود التنظيمية والتشريعية، بما يمكن الأفراد من ممارسة رقابة فعلية واعية على بياناتهم الشخصية بدلًا من موافقة شكلية لا تعكس فهمًا حقيقيًا لتبعاتها.

3. الانحياز الخوارزمي وإشكالية المساءلة

سبقت الإشارة في المبحث الأول من هذا الفصل إلى إشكالية الانحياز الخوارزمي الناتج عن بيانات التدريب غير المتوازنة تمثلياً، وتزداد خطورة هذه الإشكالية عند الانتقال من السياق التقني المجرد إلى التطبيق المجتمعي الفعلي، إذ قد ينعكس هذا الانحياز في قرارات ذات أثر مباشر على حياة الأفراد، كقرارات التوظيف أو منح القروض أو حتى التوصيات الطبية، مما يثير تساؤلات جوهرية حول الجهة التي تتحمل المسؤولية القانونية والأخلاقية حين يترتب على قرار خوارزمي ضرر فعلي بحق فرد أو فئة معينة، وهي إشكالية مساءلة لا تزال الأطر القانونية في معظم دول العالم تتلمس إجابات ناضجة عنها.

4. نحو أطر تنظيمية وطنية ودولية

دفعت هذه القضايا مجتمعة نحو تنامي الجهود الدولية والوطنية الرامية إلى وضع أطر تنظيمية وتشريعية للذكاء الاصطناعي تتجاوز مستوى التوصيات الأخلاقية العامة إلى صياغة قواعد قانونية ملزمة، من ذلك مساعي بعض التكتلات الإقليمية لتصنيف تطبيقات الذكاء الاصطناعي وفق درجة خطورتها وإخضاع الفئات عالية الخطورة منها لمتطلبات رقابية وتوثيقية صارمة قبل طرحها في السوق. وتواجه هذه الجهود التنظيمية تحدياً منهجياً مزدوجاً يتمثل في ضرورة مواكبة وتيرة التطور التقني المتسارعة من جهة، مع تجنب فرض قيود مفرطة قد تعيق الابتكار وتحرم المجتمعات من الفوائد المحتملة لهذه التقنية من جهة أخرى، وهو توازن دقيق لا تزال التجارب التنظيمية حول العالم تختبر أفضل السبل لتحقيقه.

5. التحديات الخاصة بالدول النامية والسياسات العربية

تواجه الدول النامية، ومنها الدول العربية، تحديات مضاعفة في التعامل مع انتشار الذكاء الاصطناعي، تتمثل في خطر اتساع الفجوة الرقمية بينها وبين الدول المتقدمة تقنياً، ومحدودية قدرتها على المشاركة الفعلية في تطوير هذه التقنيات بدلاً من الاكتفاء باستهلاكها، إضافة إلى ضرورة تكيف الأطر التنظيمية والتشريعية المحلية مع متطلبات هذا التحول التقني المتسارع بما يراعي الخصوصية الثقافية واللغوية لهذه المجتمعات، وهو ما يفسر أهمية المبادرات المحلية

الرامية إلى تطوير نماذج ذكاء اصطناعي ناطقة بالعربية تراعي هذه الخصوصية، كما سبقت الإشارة في المطلب الأول من هذا المبحث.

ويرتبط بهذا التحدي بُعد ثقافي ولغوي دقيق يستحق تأملاً خاصاً؛ ذلك أن غالبية النماذج اللغوية الضخمة المهيمنة عالمياً اليوم دُرِّبَت أساساً على مدونات نصية تهيمن عليها اللغة الإنجليزية ومحتوى الثقافات الغربية، وهو ما قد ينعكس في تحيز ضمني لهذه الأنظمة تجاه أنماط تفكير وقيم ثقافية بعينها، وقد يحد من قدرتها على التعبير الدقيق عن الفروق الدلالية واللهجية والتراثية الخاصة باللغة العربية وثقافتها المتنوعة. ومن هنا تنبع أهمية استراتيجية مضاعفة للمبادرات الرامية إلى بناء مدونات نصية عربية ضخمة عالية الجودة، وتطوير نماذج ذكاء اصطناعي مدربة عليها خصيصاً، لا بوصف ذلك ترفاً تقنياً، بل بوصفه شرطاً ضرورياً للحفاظ على حضور اللغة العربية وثقافتها في المشهد المعرفي الرقمي المتصاعد الهيمنة عالمياً، وضمان ألا تتحول هذه التقنية، رغم إمكاناتها الهائلة في إتاحة المعرفة، إلى أداة إضافية لتهميش اللغات والثقافات غير المهيمنة عالمياً.

المطلب الخامس: مستقبل الذكاء الاصطناعي في المجتمعات المعرفية

تشير مؤشرات التطور المتسارع في تقنيات الذكاء الاصطناعي التوليدي إلى أن أثر هذه التقنية في ممارسات إنتاج المعرفة ونشرها سيتعمق أكثر في السنوات القادمة، إذ من المرجح أن تتوسع قدرة هذه الأنظمة على المشاركة الفعلية في مراحل متقدمة من العملية البحثية، من صياغة الفرضيات إلى تحليل البيانات وصياغة النتائج الأولية، بما قد يعيد تشكيل بعض ممارسات العمل الأكاديمي التقليدية جذرياً، على النحو الذي بدأت ملامحه الأولى تظهر بالفعل في التجارب الحالية لاستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في كتابة الأوراق البحثية وتحليل البيانات (5).

ومن الاتجاهات المستقبلية اللافتة التي تستحق المتابعة اتجاه دمج المقاربات الرمزية والاتصالية ضمن أطر الذكاء العصبي الرمزي التي سبقت الإشارة إليها في المبحث الثاني، والتي يُتوقع أن تفتح آفاقاً جديدة أمام تطبيقات تتطلب مستوى عالياً من الشفافية والموثوقية في المجالات المجتمعية الحساسة كالقضاء والطب والتعليم، حيث لا يكفي أداء دقيق للنظام الذكي وحده، بل يستلزم الأمر قدرة تفسيرية واضحة تبرر قراراته أمام المستخدمين المتخصصين وغير المتخصصين على حد سواء. كما يُتوقع أن تشهد السنوات القادمة توسعاً في تطبيقات الذكاء الاصطناعي متعدد الوسائط

(Multimodal AI) القادر على معالجة النصوص والصور والأصوات ومقاطع الفيديو في إطار موحد متكامل، بما يقرب أداء الأنظمة الذكية أكثر من طبيعة الإدراك البشري متعدد الحواس، ويفتح تطبيقات جديدة في التعليم التفاعلي والبحث العلمي متعدد التخصصات.

كما يُرجَّح أن تشهد المرحلة القادمة تصاعدًا في الجهود الرامية إلى معالجة إشكاليات الحوكمة والتنظيم التي سبقت الإشارة إليها في المطلب الرابع من هذا المبحث، مع تبلور تدريجي لأطر قانونية أكثر نضجًا تحدد بصورة أوضح موازين المسؤولية بين مطوري الأنظمة الذكية ومستخدميها، وتوازن بين تشجيع الابتكار التقني وحماية حقوق الأفراد والمجتمعات من مخاطره المحتملة. ويظل التحدي الأكبر الذي سيواجه المجتمعات المعرفية عمومًا، والمجتمعات النامية والعربية منها على وجه الخصوص، هو القدرة على بناء منظومة تعليمية وبحثية ومؤسسية قادرة على استيعاب هذا التطور المتسارع والمشاركة الفعلية فيه، بدلًا من الاكتفاء بموقع المستهلك السلبي لتقنيات يطورها آخرون، وهو ما يستدعي استثمارًا استراتيجيًا طويل المدى في بناء القدرات البشرية والبنية التحتية الرقمية اللازمة لذلك.

غير أن استشراف هذا المستقبل ينبغي أن يظل متوازنًا بين الانبهار التقني غير الناقد والتشاؤم المطلق غير المؤسس، وهو التوازن الذي شدد عليه هذا الفصل منذ مبحثه الأول. فمن جهة، تحمل هذه التقنية إمكانات حقيقية لتعزيز إتاحة المعرفة وتخصيصها وتسريع وتيرة الاكتشاف العلمي وتحرير الطاقة البشرية من الأعباء الروتينية؛ ومن جهة أخرى، تستوجب هذه الإمكانيات يقظة مجتمعية ومؤسسية مستمرة إزاء قضايا الموثوقية والشفافية والعدالة في توزيع منافعها، بما يضمن أن يظل الذكاء الاصطناعي أداة تخدم الإنسان وتعزز قدراته المعرفية، لا بديلاً يحل محل حكمه واجتهاده، وهو المنظور الذي وجّه معالجة هذا الفصل بأكمله منذ مطلعته.

خلاصة المبحث الثالث

يخلص هذا المبحث إلى أن تطبيقات الذكاء الاصطناعي قد امتدت اليوم لتشمل جوهر عملية إنتاج المعرفة ونشرها، من المكتبات الرقمية ونظم استرجاع المعلومات إلى ممارسات البحث العلمي ذاتها، كما امتدت إلى معظم القطاعات المجتمعية الحيوية من التعليم والصحة إلى الاقتصاد والإعلام، محققة في كل منها قفزات نوعية في الكفاءة والتخصيص، وإن ظلت مصحوبة بتحديات تقنية ومنهجية لا يستهان بها. كما تبين أن أثر هذه التقنية على سوق العمل، رغم ضخامة

التقديرات النظرية المتداولة بشأنه، لا يزال في طور التبلور التجريبي الفعلي، إذ تشير الأدلة المبكرة إلى تعقيد أكبر مما توحى به التوقعات المجردة، بين إحلال فعلي لبعض المهام وإعادة توزيع للجهد البشري نحو مهام أخرى مستحدثة.

كما اتضح أن انتشار الذكاء الاصطناعي المجتمعي الواسع يستوجب إطاراً أخلاقياً وتنظيمياً رصيناً، وهو ما جسده توصية اليونسكو العالمية بشأن أخلاقيات الذكاء الاصطناعي بوصفها أول معيار عالمي شامل من نوعه، يعالج قضايا الخصوصية والشفافية والمساءلة والانحياز الخوارزمي، مع مراعاة خاصة لتحديات الدول النامية في هذا المسار. وبهذا يكون هذا المبحث قد أكمل الحلقة الثالثة من هذا الفصل، الذي بدأ بتأصيل مفهوم الذكاء الاصطناعي وتطوره في المبحث الأول، ثم تناول أحد أهم تجلياته التطبيقية التاريخية في النظم الخبيرة والذكاء الرمزي في المبحث الثاني، لينتهي بربط هذا التأصيل النظري والتاريخي بواقعه المعاصر وأثره الممتد في المعرفة والمجتمع في هذا المبحث الثالث.

خلاصة الفصل

يخلص هذا الفصل، بمباحثه الثلاثة مجتمعة، إلى أن الذكاء الاصطناعي حقل معرفي متعدد الأبعاد ومتشعب الجذور والتطبيقات، انطلق من تأملات فلسفية مبكرة حول طبيعة التفكير الآلي، ومرّ عبر مسار تاريخي متعرج تخللته موجات من الحماس العلمي أعقبتها فترات ركود، قبل أن يتجسد تطبيقاً في صورته الرمزية المبكرة عبر النظم الخبيرة التي أثبتت جدوى تشفير المعرفة المتخصصة آلياً، ثم يتوسع في العقود الأخيرة ليشمل جميع مناحي إنتاج المعرفة والحياة المجتمعية المعاصرة.

وقد ترابطت مباحث هذا الفصل الثلاثة في بنية منطقية متكاملة: فأرسى المبحث الأول القاعدة المفاهيمية والتاريخية الضرورية لفهم أي نقاش لاحق حول الذكاء الاصطناعي، بضبط تعريفاته وتصنيفاته وحدوده؛ وتعمق المبحث الثاني في أحد أهم تجلياته التطبيقية التاريخية، مبيناً كيف تحولت الأفكار النظرية المجردة عن التمثيل الرمزي للمعرفة إلى أنظمة تجارية فعلية غيرت ممارسات صناعات بأكملها؛ ثم ربط المبحث الثالث هذا التأصيل النظري والتاريخي بواقعه المعاصر، مستعرضاً كيف امتد أثر هذه التقنية ليشمل إنتاج المعرفة ذاته وقطاعات مجتمعية

حيوية متعددة، مع ما يصاحب ذلك من فرص واعدة وتحديات جوهرية تستدعي إدارة واعية ومتوازنة.

وقد سعى هذا الفصل، عبر مباحثه الثلاثة، إلى تقديم معالجة متوازنة تجمع بين التأصيل النظري الدقيق والاستقصاء التاريخي والتحليل التطبيقي النقدي، مستنداً في ذلك إلى مصادر عربية وأجنبية متنوعة تجمع بين الأدبيات الأكاديمية المحكّمة والتقارير المتخصصة والوثائق الدولية الرسمية، بما يشكل أرضية معرفية متينة لأي دراسة لاحقة تروم التعمق في جوانب أكثر تخصصاً من هذا الحقل المتسارع التطور، سواء من الناحية التقنية البحتة أو من ناحية آثاره الأخلاقية والاجتماعية والاقتصادية المتصاعدة الأهمية في عالم اليوم.

مصادر المبحث الثالث

أولاً: المصادر العربية

1. جامعة المستقبل، تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم ومجالاته، متاح على: uomus.edu.iq
2. بكة للتعليم، تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الحياة والإدارة والـ HR والهندسة والطب والصناعة والتعليم، متاح على: bakkah.com
3. المدونة العربية، تطبيقات الذكاء الصناعي في التعليم والتعلم، متاح على: blog.ajsrp.com
4. الغرفة العربية الألمانية للتجارة والصناعة، الذكاء الصناعي ومساهمته في التعليم، متاح على: ghorfa.de
5. جريدة الشرق الأوسط، الذكاء الاصطناعي في التعليم والصحة، متاح على: aawsat.com
6. QuestionPro (النسخة العربية)، أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم وأكبر التحديات، متاح على: questionpro.com
7. موقع for9a، أهم تطبيقات الذكاء الاصطناعي في التعليم، متاح على: for9a.com
8. بكة للتعليم، الذكاء الاصطناعي في التعليم: التطبيقات والفوائد والأدوات، متاح على: bakkah.com
9. الأمم المتحدة، نحو أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، متاح على: un.org/ar
10. أخبار الأمم المتحدة، 193 دولة تتبنى أول اتفاق عالمي بشأن أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، 2021، متاح على: news.un.org/ar
11. اليونسكو، اليونسكو تجتاز مرحلة هامة نحو اعتماد أول وثيقة تقنية عالمية بشأن أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، متاح على: unesco.org
12. اليونسكو، إحراز خطوة جديدة صوب اعتماد توصية اليونسكو الخاصة بأخلاقيات الذكاء الاصطناعي، 2023، متاح على: unesco.org
13. مونت كارلو الدولية، اليونسكو: معيار عالمي أول من نوعه في أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، 2021، متاح على: mc-doualiya.com

ثانيًا: المصادر الأجنبية

14. Liu, J. et al. (2022). Application of Artificial Intelligence Technology in Information Retrieval of University Library. In Innovative Computing. digitalcommons.unl.edu
15. Artificial Intelligence in Information Retrieval: AI-based Techniques for Improving Search and Information Retrieval Systems in Both Libraries and Other Knowledge Hubs. ResearchGate.
16. Integrating AI into Library Systems: A Perspective on Applications and Challenges. Proceedings of the 24th ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries. dl.acm.org
17. Artificial intelligence in digital media, humanities, and information science: a multidimensional analysis of research trends and user perceptions. Humanities and Social Sciences Communications, Nature. nature.com
18. Artificial Intelligence in Libraries (AI): Shaping the Future of Information Retrieval and Access. ResearchGate.
19. The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Information Retrieval in Academic Libraries. bpasjournals.com
20. Application of artificial intelligence in academic libraries: a bibliometric analysis and knowledge mapping. Discover Artificial Intelligence, Springer Nature. link.springer.com
21. AI-Driven Innovation in Information Retrieval. E-LIS repository. eprints.rclis.org
22. Nexford University. How will Artificial Intelligence Affect Jobs 2026-2030. nexford.edu
23. Artificial Intelligence Impact on Labor Markets Literature Review. International Economic Development Council. iedonline.org
24. The Budget Lab at Yale. Evaluating the Impact of AI on the Labor Market: Current State of Affairs. budgetlab.yale.edu
25. Goldman Sachs Research. How Will AI Affect the US Labor Market? goldmansachs.com
26. Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J., & Restrepo, P. (2022). Artificial intelligence and jobs: Evidence from online vacancies. Journal of Labor Economics, 40(S1), S293-S340. NBER.
27. Chandar, B., Brynjolfsson, E., & Chen, R. Canaries in the Coal Mine? Six Facts about the Recent Employment Effects of Artificial Intelligence. Stanford Digital Economy Lab. digitaleconomy.stanford.edu

حل المعادلات التفاضلية باستخدام واجهة مستخدم رسومية في MATLAB

Solving Differential Equations Using a MATLAB Graphical User Interface

م.م. نور حسنين هاشم

الجامعة الإسلامية - كلية التقنيات الطبية - قسم تقنيات المختبرات الطبية - النجف الأشرف - العراق

الملخص

يعرض الفصل تطوير واجهة مستخدم رسومية في MATLAB لحل المعادلات التفاضلية، بهدف تيسير التعامل مع المسائل الرياضية وإتاحة نتائجها بصورة عددية ومرئية. وينطلق من أن استخدام الأوامر البرمجية مباشرة قد يمثل عائقاً لبعض المستخدمين، بينما تسمح الواجهة بإدخال المعادلة والشروط والمعاملات والتفاعل مع خطوات الحل بصورة أكثر تنظيماً. ويربط العمل بين الحساب الرياضي وتصميم واجهة تساعد على عرض المسألة ونتائجها.

وتوضح الدراسة مكونات الواجهة وآلية إدخال البيانات واختيار إجراءات الحل، مع توضيح إمكانات MATLAB في المعالجة العددية والرمزية والرسم. ويعرض الفصل معادلات وأمثلة وصوراً للواجهة والمخرجات، لشرح انتقال المستخدم من تحديد المسألة إلى تنفيذ الحسابات ومشاهدة منحنيات الحل. كما يتناول التحقق من المدخلات والتعامل مع الشروط الابتدائية أو الحدية، بحسب طبيعة المسألة، وأهمية ربط النتيجة الحسابية بتمثيلها البياني.

وتبرز المعالجة الجانب التعليمي والتطبيقي للواجهة، إذ تتيح استكشاف أثر تغير المدخلات وتساعد على فهم سلوك الحل بدل الاكتفاء بقراءة صيغته. وتتمثل المساهمة في الجمع بين وظائف الحل ووسائل التفاعل والعرض ضمن بيئة برمجية واحدة. وتبقى دقة المخرجات مرتبطة بصحة صياغة المعادلة والشروط واختيار الطريقة الملائمة، ولا تلغي سهولة الاستخدام الحاجة إلى الفهم الرياضي والتحقق. ويقدم الفصل وصفاً لبناء الأداة وأمثلة ومخرجاتها، دون اعتبار الواجهة بديلاً عن تقويم الافتراضات الرياضية أو عن معرفة حدود خوارزميات الحل المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: المعادلات التفاضلية؛ MATLAB؛ الواجهة الرسومية؛ الحل العددي؛ التمثيل البياني

Abstract

This project has been done to develop a GUI for differential equations in MATLAB. Differential equations are used to build fundamental models for real-world systems in physics, engineering, biology, and economics. Although MATLAB is equipped with very powerful tools to solve such equations, it is often problematic for users without knowledge of the programming language to take advantage of these tools.

To address this, we present an interactive, user-friendly GUI. Users simply enter the differential equation, provide initial or boundary conditions, and select the desired numerical or analytical solutions. The graphical user interface (GUI) displays the solutions in real-time over dynamic plots making it easy for users with no advanced MATLAB knowledge to interpret results.

We provide a tool that not only makes the underlying mathematics of solving differential equations accessible to users, but also closes the gap between the mathematics and end-provider usability to facilitate the process of obtaining and interpreting solutions in an efficient, intuitive manner for both commercial and academic applications.

Keywords: Differential equations; MATLAB; Graphical user interface; Numerical solution; Visualization

1. Introduction

1.1 Background of the Project

Differential equations are fundamental in representing and analyzing physical systems, and they appear in various areas, including physics, engineering, biology, and economics. Differential equations are formulas that describe the relationship between a function and its derivatives — these are mathematics, they

represent the rate of changes and make it possible to predict how a dynamic system will behave over time. Common examples are population growth, fluid dynamics, heat transfer, and electrical circuits[1].

Historically, differential equations were solved using manual analytic methods, which necessitate high-level knowledge of math. Tools such as MODERN computational methods (e.g., MATLAB) enabled an easier process for solving such equations. MATLAB offers built-in functions and numerical solvers that will worry as much complex system of equations which reduces analysis time and effort[2].

MATLAB's command-line environment, however, is quite powerful but can also be daunting for beginners or those with limited programming background. This makes it challenging to work from here, and a graphical user interface (GUI) approach is quite user-friendly to work on. The software is user friendly, using a MATLAB-based GUI to implement some simple visual components such as buttons, sliders and text boxes rather than requiring extensive coding knowledge. With a GUI to solve differential equations integrated to the package, users can spend less time dealing with syntax and programming code (writing actual code) and spend more time satisfying themselves in understanding the problem and interpreting the result[2,3].

It is expected that those who do not use a MATLAB simulator will find it easier to solve differential equations move forward. The aim

is to create an interactive interface with which users only enter equations, choose from the possible ways to solve the equations, and receive visualized results with no prior configuration effort required, which serves an educational as well as practical purpose[1,4].

1.2 Definition and Classification of Differential Equations

1.2.1 Definition of Differential Equations

Differential equation: A mathematical equation that relates some function with its derivatives. For instance, in these equations, the function is usually a physical quantity (such as position, velocity, or temperature) and the derivatives represent the time rate of change of that quantity. Real-world processes evolve over time or throughout space which is where differential equations come in, they are used to model these time and space dependent changes, and therefore underpinning many areas of physics, engineering, biology and economics. Normally, a differential equation can be written as[5,2]:

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0$$

- $y=f(x)$ is the unknown function.
- $y', y'', y^{(n)}$ are the first, second, and n -th derivatives of y with respect to x .
- F is a given function involving x, y and its derivatives.

1.2.2 Classification of Differential Equations:

Differential equations can be classified into several categories based on their characteristics[6]:

1. Ordinary Differential Equations (ODEs) vs. Partial Differential Equations (PDEs):

- Ordinary Differential Equations (ODEs): Involve derivatives with respect to a single independent variable.

$$\text{Example: } \frac{dy}{dx} + y = e^x$$

- Partial Differential Equations (PDEs): Involve derivatives with respect to two or more independent variables.

$$\text{Example: } \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \text{ (Laplace's equation)}$$

2. Linear vs. Non-linear Differential Equations:

- Linear Differential Equations: The dependent variable and its derivatives appear linearly (i.e., raised to the power of 1 and not multiplied together).
- Non-linear Differential Equations: The dependent variable or its derivatives appear non-linearly (e.g., raised to a power, multiplied together, or appearing inside a function like sine or exponential).

3. Homogeneous vs. Non-homogeneous Differential Equations:

- Homogeneous Differential Equations: The equation equals zero when all terms involving the dependent variable and its derivatives are moved to one side.

- Non-homogeneous Differential Equations: The equation includes a non-zero function of the independent variable on one side.
- 4. Order of Differential Equations: The order of a differential equation is determined by the highest derivative present .
- 5. Initial Value Problems (IVPs) vs. Boundary Value Problems (BVPs):
 - Initial Value Problems (IVPs): Specify the value of the solution and possibly its derivatives at a single point.
 - Boundary Value Problems (BVPs): Specify the value of the solution at two or more points.

1.3 Solution Methods

Differential equations can be solved using a variety of methods, broadly divided into analytical and numerical techniques[7].

1.3.1 Analytical Methods

Analytical methods aim to find exact solutions expressed in terms of standard mathematical functions. These methods require the equation to have a specific structure that allows manipulation and direct solving. Some key analytical techniques include[8,7]:

- Separation of Variables:
 - Used when the equation can be separated into two independent parts: one involving only the dependent variable and the other involving only the independent variable.
 - The solution involves integrating each part to find the function.

- Integrating Factor Method:
 - Used for linear equations, this method involves multiplying through by a specially chosen factor that simplifies the equation, making it easier to solve.
- Exact Equations:
 - In this method, the equation is checked for a property that allows it to be expressed as the derivative of a single function. If the equation satisfies this property, the solution is found by determining that function.
- Homogeneous and Non-Homogeneous Solutions:
 - Homogeneous equations have solutions that depend only on the system's structure, without external inputs.
 - Non-homogeneous equations account for external inputs or forces, and the solution is typically a combination of the homogeneous solution and a particular solution.
- Laplace Transform:
 - A powerful method for converting a differential equation into an algebraic equation in a different domain (Laplace domain), which can then be solved more easily.
- Power Series Expansion:
 - This method expresses the solution as a sum of terms in a series, often useful for equations that cannot be solved using basic techniques.
- Fourier Transform:

- Used for solving equations that involve periodic or wave-like behavior, particularly in engineering and physics.

1.3. 2. Numerical Methods:

Numerical methods are used when analytical solutions are not feasible or the equation is too complex to solve explicitly. These methods approximate the solution by breaking the problem into smaller, manageable steps and solving iteratively. Some commonly used numerical methods include[9]:

- Euler's Method:
 - This is a simple approach where the solution is approximated step by step, starting from an initial condition and using the slope of the function at each step.
- Improved Euler (Heun's) Method:
 - An enhancement of Euler's method that improves accuracy by using an average slope over each step.
- Runge-Kutta Methods:
 - These are more sophisticated iterative methods that use multiple slopes within each step to improve the approximation. The fourth-order Runge-Kutta method is particularly popular for its accuracy and reliability.
- Finite Difference Method:
 - Used for partial differential equations, this method approximates derivatives by using differences between function values at discrete points.

- Finite Element Method:
- Common in engineering, this method divides the problem into small, simpler regions (elements) and solves them individually to build an overall solution.
- Adams-Bashforth and Adams-Moulton Methods:
- These are multi-step methods that use information from previous steps to improve the accuracy of the solution.
- Method of Lines:
- Converts a partial differential equation into a system of ordinary differential equations by discretizing all variables except one.

1.3.3. Graphical Solutions:

Graphical solving methods are sometimes employed to estimate the solution of the differential equation. Solvers in MATLAB also offer built-in plotting tools for solution plots, phase diagrams and trajectory diagrams[3,4].

1.3. 4. Hybrid Methods:

In reality, one may employ both analytical and numerical approaches. As an example, one might use analytical techniques to reduce the challenge followed by numerical techniques to approximate the solution in more complex cases[9].

1.3.5 MATLAB-Specific Capabilities:

These methods have several built-in solvers provided by MATLAB:

- ODEs: Functions such as ode45, ode23, and ode15s in MATLAB are for solving particular ODEs.
- For PDEs: MATLAB includes the pdepe function for one-dimensional PDEs, and more general tools in its PDE toolbox.
- Visualization: MATLAB's built-in plotting functions make it easy to visualize and interpret solutions to ordinary differential equations, giving insights into the system's behavior.

The GUI facilities of MATLAB allow users to implement these methods without diving into the programming or numerical details of the algorithms[10].

1.5 Problem Statement

Clearly state the challenges faced in solving differential equations manually or using command-line methods in MATLAB. Emphasize the need for an interactive tool that:

- Reduces the learning curve for beginners.
- Provides accurate and efficient solutions.
- Allows easy visualization and interpretation of results.

1.6 Objectives of the Project

List the key objectives of the project, such as:

1. To develop a MATLAB-based GUI for solving and visualizing differential equations.
2. To implement various solution methods (analytical and numerical) within the GUI.

3. To provide an intuitive, user-friendly interface suitable for students and professionals.
4. To enable easy visualization of results through plots and graphical representations.
5. To enhance learning and accessibility for users with limited programming knowledge.

2. Literature Review

2.1 Overview of Existing Methods for Solving Differential Equations

Differential equations play a crucial role in mathematical modeling, enabling the description of phenomena in various fields, including engineering, physics, biology, and economics. Solving these equations is essential for understanding and predicting system behavior. Depending on the nature and complexity of the equations, various methods have been developed to find solutions. These methods are broadly classified into analytical, numerical, and hybrid approaches.

2.1.1 Analytical Methods

Analytical methods aim to find an exact solution in the form of a mathematical expression. They are highly desirable because they provide precise and closed-form solutions. However, they are often limited to linear and simple equations. Some key analytical methods include[10,11]:

1. Separation of Variables

This method is applicable when a differential equation can be expressed as a product of functions, each depending on a single variable. For example, the equation can be solved by separating variables and integrating both sides[12].

2. Integrating Factors

This technique is used to solve first-order linear differential equations of the form. An integrating factor is computed to simplify the equation into an exact form.

3. Homogeneous and Non-Homogeneous Equations

Solutions to homogeneous equations rely on characteristic equations, while non-homogeneous equations are addressed using methods like undetermined coefficients or variation of parameters.

4. Series Solutions

For equations with no straightforward solutions, power series methods or Frobenius methods are used to approximate the solution near a point.

5. Laplace Transform

This is a powerful tool for solving linear differential equations, particularly with initial conditions, by transforming the equation into an algebraic problem in the Laplace domain.

2.1.2 Numerical Methods

Numerical methods approximate solutions by discretizing the problem, making them suitable for complex or non-linear equations where analytical methods fail. These methods are implemented using computational algorithms. Common numerical methods include[12,13]:

1. Euler's Method

A simple yet effective method that uses iterative steps to approximate the solution. While easy to implement, it may lack accuracy for stiff or complex equations.

2. Runge-Kutta Methods

Higher-order methods, such as the fourth-order Runge-Kutta method (RK4), provide better accuracy and stability than Euler's method. These methods are widely used for initial-value problems.

3. Finite Difference Methods (FDM)

FDM replaces derivatives with finite differences and then the PDE turns to a system of algebraic equations used to solve it.

4. Finite Element Methods (FEM)

FEM is a convenient way to numerically approximate solutions: a problem domain is divided into smaller overlapping regions where piecewise functions are used to approximate the solution. It is especially helpful for engineering problems related to either structural analysis or fluid dynamics.

5. Multistep Methods

Incredible methods such as Adams-Bashforth and Adams-Moulton take advantage of these previous points of the solution to compute the next value rather than re-evaluating the integrand Improving time efficiency of the computation

2.1.3 Symbolic Computation

Symbolic computation is another method that sits between analytical and numerical methods, using software tools to symbolically solve and manipulate equations, providing numerical approximations where required. Dsolve in MATLAB, SymPy in Python, and Mathematica are great at this[14].

2.1.4 Hybrid Methods

In reality, a lot of problems entails a mixture of analytical and numerical methods. E.g. an equation could be analytically solved until that it is then solved numerically. Examples include[15]:

- Semi-Analytical methods: Adomian decomposition method (ADM) and Homotopy Perturbation Method (HPM).

Use of Laplace transforms with numerical inversion methods for solving time-dependent problems.

2.1.5 Specialized Methods

- Stochastic Methods: In the case of constant differential equations with randomness (for example, stochastic differential equations), Monte Carlo simulations, Wiener processes, etc.

- **Optimization-Based Methods:** The application of optimization techniques for finding the maxima or minima of certain objective functions to solve differential equations can be implemented particularly in control systems.

2.1.6 Applications of These Methods

Depending on the nature of the problem, each method has its own specific applications:

- Analytical methods are ideal for theoretical studies and simpler systems.
- Scientific computing, where numerical methods rule most applications -- in fluid dynamics, structural mechanics, climate modeling, etc.
- Symbolic and hybrid approaches * theoretical strength * balance between theory and computation applied in research and advanced engineering problems.

The broad spectrum of techniques reflects the intricacy of differential equations and the requirement for flexible strategies to tackle both theoretical and real-world problems[14,15].

2.2 Existing Software and Tools

The rapid development of computational technology has led to the creation of numerous software tools that aid in solving differential equations. These tools provide both symbolic and numerical solutions, often incorporating visualization and user-friendly

interfaces to make them accessible to a broad audience. Below is a detailed exploration of widely used software and tools[15,16].

2.2.1 MATLAB

MATLAB is widely used for solving differential equations due to its powerful computational capabilities and portability. It provides:

- The point states that you are built-in functions for ODEs such as Runge-Kutta method (ode45), stiff solvers (ode23, ode15s) built-in functions etc.
- Visualization tools: MATLAB provides lure tools for phase portraits, time-series graphs, and 3D representation of the solutions.
- Simulink: MATLAB tool to model and simulate dynamic systems (systems which can be represented by differential equations)[16].

2.2.2 Mathematica

Wolfram Mathematica is a popular tool for symbolic calculation and differential equations. Its features include:

- Symbolic Solutions: The DSolve function from Mathematica gives exact solutions whenever they exist.
- Numeric Solutions: The NDSolve function can compute high-precision numerical approximations for equations that lack closed-form solutions.

- **Interactive Notebooks:** Users can generate real-time visualizations, manipulate parameters, and examine results graphically.
- **Specialized Packages:** In Mathematica, there are similar tools for solving stochastic differential equations and delays.

2.2.3 Python

Python has rapidly become a popular open-source alternative to proprietary software. It offers:

- **SciPy and NumPy:** Libraries such as `scipy` provide integrate functions like `odeint` and `solve_ivp` for numerically solving ODEs.
- **SymPy** — This symbolic library is capable of solving analytical solutions for ordinary and partial differential equations.
- **(Visualization Libraries: Matplotlib & Plotly for visualization of the solution of differential equations.)**
- **Jupyter Notebooks:** Python's Jupyter environment enables you to conduct interactive problem solving and documentation.

2.2.4 Maple

Maple — General purpose computational software with strong support for differential equation solving.

- **Exact Solutions:** Maple's `dsolve` can solve a wide class of ODEs and PDEs symbolically.
- **NUMERICAL CAPABILITIES** -- It provides numerical solvers for stiff and non-stiff equations.

- User-Friendly Features: Maple's GUI has features for entering equations and visualizing results.

2.2.5 COMSOL Multiphysics

Is another powerful tool for simulation, especially in engineering type problems to solve partial differential equations.

- Complicated Models: It incorporates several physical processes — fluid flow, heat transfer, and structural mechanics, as described by PDEs.
- Graphical Interface: Users, without much programming, can define equations, set boundary conditions, and visualize solutions.
- Finite Element Solver: COMSOL uses finite element methods to solve PDEs, which makes it suitable for complex geometries.

2.2.6 Octave

GNU Octave is an open-source MATLAB-compatible software used for numerical computations.

- ODE Solvers: Educational functions such as lsode and ode45 are used for solving ODEs.
- Return on Investment: It is a free tool, which makes it available for users with limited budget.
- Visualization: 2D and 3D plotting tools are available for visualizing the solution.

2.3 GUI for Solving Differential Equations

Graphic User Interfaces (GUIs) allow for interaction with software through a visual interface so that problems may be solved without requiring a ton of coding experience to solve problems. When it comes to differential equations, GUIs can:

- **Improvements on the User Experience:** GUIs abstract the underlying technicalities, allowing for users with little to no programming experience to solve differential equations.
- **Graphical User Interfaces (GUIs)** provide capabilities for visualizing solutions, including plots and phase portraits, which help in interpreting the results.
- **Efficient Workflow:** The GUI development environment enables developers to use App Designer or GUIDE to create custom interface within MATLAB. These interfaces allow end users to manually feed in equations, select parameters, and pick solvers.
- **MATLAB's Pre-Built Differential Equations GUIs:** MATLAB provides predefined applications, including Simulink for dynamic systems modeling, and apps like "ODE Solver GUI" for solving ordinary differential equations (ODE).

GUI-based differential equation solvers have become increasingly popular in recent years due to their capability of bridging the gap between the computational tools and the stock-and-trade of real-world applications. These user interfaces democratize advanced techniques across domains[17].

3. Materials and Methods

3.1 Introduction to MATLAB

MATLAB (short for Matrix Laboratory) is a multi-paradigm numerical computing environment and proprietary programming language developed by MathWorks. The language has become a de facto standard for numerical computing and is popular in engineering, scientific computing, and data analysis, with a variety of libraries and toolboxes available to extend its capabilities. It has a large library of built-in function for robust computation (particularly for wider numerical computation as it can easy handle matrix operations).

3.1.1 Key Features of MATLAB:

- 1- MATLAB is matrix-based, which makes it extremely intuitive for doing math and simulation work over data.
- 2- Interactive Command-line: MATLAB offers flexible command-line environment with high-power script language. Enabling users to prototype, test, and implement solutions quickly.
- 3- Rich & Comprehensive Toolboxes: MATLAB has add-on toolboxes specifically designed for various applications, including but not limited to: Optimization, Signal Processing, Machine Learning, Control Systems, and Differential Equations.
- 4- Visualization Abilities: MATLAB offers powerful tools for plotting and visualizing data in both 2D and 3D, enabling users to understand the results better.

It is a programming system that has data analysis tools. Because of this, it is well-suited to multidisciplinary projects.

3.1.2 Applications of MATLAB in Solving Differential Equations

MATLAB can perform well in solving the ordinary and the partial differential equations, thanks to the numerical solvers such as:

- **ODE Solvers:** These functions include the ever-present ode45, ode23, and ode15s, which solve initial value problems arising from the ordinary differential equations of the system.
- **PDE Solvers:** MATLAB has dedicated toolboxes that deal with partial differential equations.

If you are using the built-in numerical solvers in MATLAB, they are geared towards efficiently solving a range of scenarios, both stiff and non-stiff systems. Also, MATLAB's symbolic toolbox allows finding analytical solutions of differential equations, when possible.

3.1.3 Use MATLAB for GUI-Based Differential Equation Solvers

- **Thus, your work becomes much simpler:** You can use App Designer in MATLAB to create an easy-to-use GUI that even non-programmers can use to access your complex solutions through a graphical interface.
- **Customizable:** You can customize the MATLAB environment to easily create a classifier for solving differential equations.

- MATLAB provides a high level of accuracy and performance for solving differential equations numerically.
- Educational Usage: MATLAB is heavily used in many academic courses, making it a great software for learning differential equations.

A GUI-based system for ordinary differential equations is discussed in the following chapter where we will utilize several features of MATLAB in order to build such a system. This project encompasses the development of a MATLAB-based ode45 solver as well as a simple graphical interface to enable a user-friendly implementation of the solver.

3.2 MATLAB Tools for Solving Differential Equations

To solve ordinary differential equations (ODE) and partial differential equations (PDE), MATLAB provides a set of tools and built-in functions. These tools consist of numerical solvers, symbolic methods and GUI features. Therefore, here is a complete overview of the available tools within MATLAB for solving differential equations.

3.2.1 Numerical Solvers for ODEs

MATLAB has various numerical solvers to solve the initial value problems (IVPs) of ODEs. These solvers apply different algorithms optimized for different kinds of equations:

- 1- ode45 (Non-Stiff Problems):
 - Employs the Runge-Kutta (4,5) method.

- Good for medium accuracy and general use ODE solving.
2. ode23 (Non-Stiff Problems, Low Accuracy):
- Based on the Runge-Kutta (2,3) method.
 - Faster but less accurate than ode45.
 - Suitable for simpler problems or real-time systems.
3. ode15s (Stiff Problems):
- Designed for stiff systems using a variable-order solver.
 - Particularly useful for chemical kinetics, biological models, or control systems.
4. ode23s (Stiff Problems, Low Accuracy):
- A Rosenbrock solver designed for moderately stiff problems.
5. ode113 (Variable-Step, Non-Stiff):
- Uses an Adams-Bashforth-Moulton method.
 - Suitable for problems requiring high accuracy.
6. ode23t (Stiff with Trapezoidal Rule):
- Useful for differential-algebraic equations.

3.2.2. Symbolic Solutions with MATLAB

MATLAB's Symbolic Math Toolbox allows users to solve ODEs analytically when possible. Symbolic solutions provide exact answers rather than approximations.

This approach is particularly useful for verifying the accuracy of numerical solutions.

3.2.3. Solving Partial Differential Equations (PDEs)

For PDEs, MATLAB provides the Partial Differential Equation Toolbox. This toolbox supports:

- Solving time-dependent and steady-state PDEs.
- Specifying boundary conditions, initial conditions, and geometry.
- Visualizing results in 2D and 3D.

3.2.5. Graphical User Interfaces for Differential Equations

MATLAB provides tools for building custom GUIs to solve and visualize ODEs interactively:

- App Designer: A drag-and-drop environment for designing custom GUIs. It integrates seamlessly with MATLAB's ODE solvers.
- Live Scripts: Allows users to create interactive documents with embedded code, equations, and visualizations.

3.2.6. Tools for Visualization

MATLAB's powerful plotting functions make it easy to visualize solutions of differential equations:

- 2D Plotting:

Example:

```
plot(t, y, 'LineWidth', 2);  
xlabel('Time (t)');  
ylabel('Solution (y)');  
title('Solution of the  
Differential Equation');
```

- 3D Plotting for Systems of ODEs:

Example:

```
plot3(t, y(:, 1), y(:, 2));
xlabel('Time');
ylabel('y1');
zlabel('y2');
```

3.3 A. Source Code

3.3.1 The code used to develop the system.

```
function solve_ode_gui
% Create the figure
f = figure('Position', [300, 300, 400, 300], 'Name', 'ODE Solver GUI');

% Input field for the differential equation
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 250, 100, 20], 'String', 'dy/dx =');
eqn_input = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [130, 250, 200, 20], 'String', 'x-y');

% Input field for initial condition
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 210, 100, 20], 'String', 'Initial Condition:');
init_cond_input = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [130, 210, 200, 20], 'String', '[0, 1]');

% Input field for the interval
uicontrol('Style', 'text', 'Position', [20, 170, 100, 20], 'String', 'Interval:');
interval_input = uicontrol('Style', 'edit', 'Position', [130, 170, 200, 20], 'String', '[0, 10]');

% Solve button
uicontrol('Style', 'pushbutton', 'Position', [150, 120, 100, 30], 'String', 'Solve', ...
'Callback', @solve_button_callback);

% Axes for plotting the solution
axes('Units', 'pixels', 'Position', [50, 20, 300, 100]);

function solve_button_callback(~, ~)
% Get user input
eqn_str = get(eqn_input, 'String');
init_cond = str2num(get(init_cond_input, 'String'));
```

```

interval = str2num(get(interval_input, 'String'));

% Convert the string to a function handle
ode_fun = @(x, y) eval(eqn_str);

% Solve the ODE
[x, y] = ode45(ode_fun, interval, init_cond(2));

% Plot the solution
plot(x, y);
xlabel('x');
ylabel('y');
title('Solution of the ODE');
end
end

```

3.3.2 User Manual

1- Launch the GUI:

- Download the above source code and save as a .m file (e.g., ODE_GUI.m).
- Run the file in MATLAB. The GUI window will appear.

2- Input Parameters:

- Input the differential equation as $dy/dx = f(x, y)$ (for instance: $y + t^2$)

Learn on data up to October 2023-Specify first condition y_0 (1 for example)

- Choose a time interval $[t_0, t_f]$ (e.g., $[0, 10]$).

3- Solve: Click on Solve ODE. The resulting solution will be printed onto the plot.

4-Interpret the Results: The plot shows the ODE solutions from the previous step in the time range. Modify parameters to test different scenarios.

4. Results and Discussion

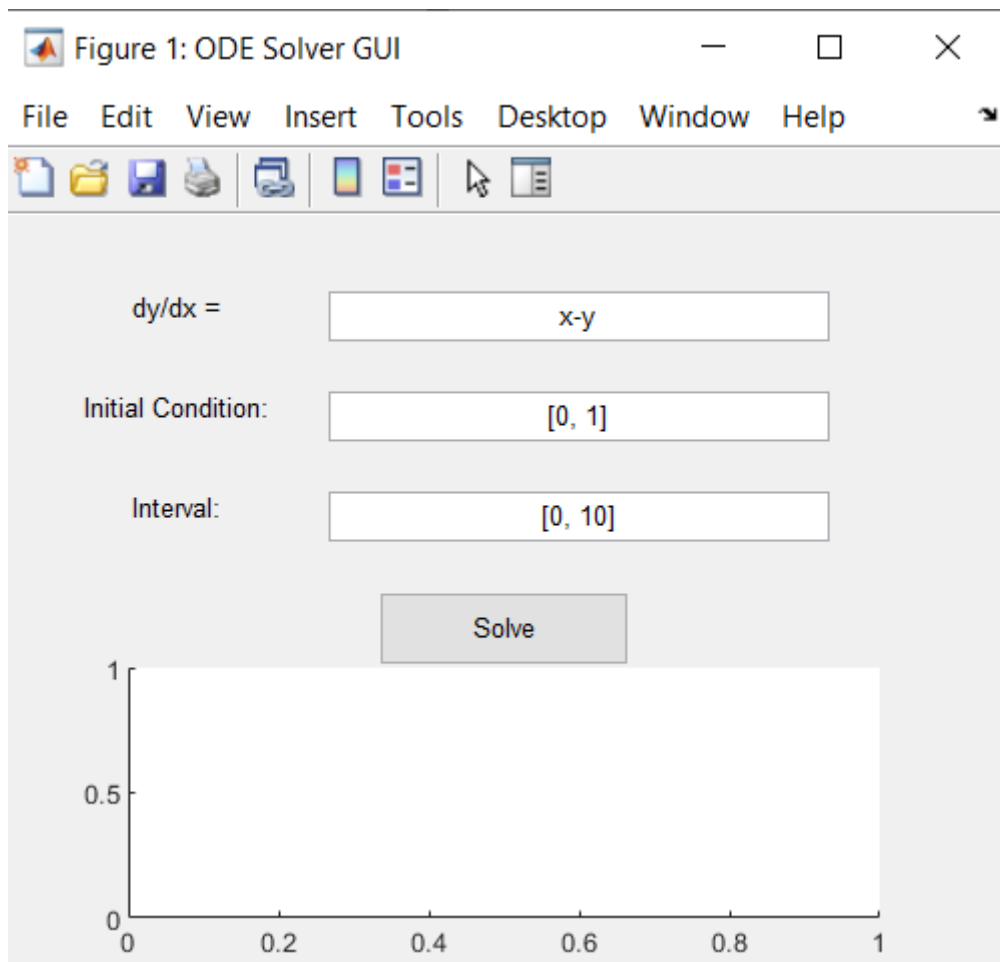
4.1 Project Results

The results of the creation and examination of the GUI-SDEsolver in MATLAB are illustrated in this section.

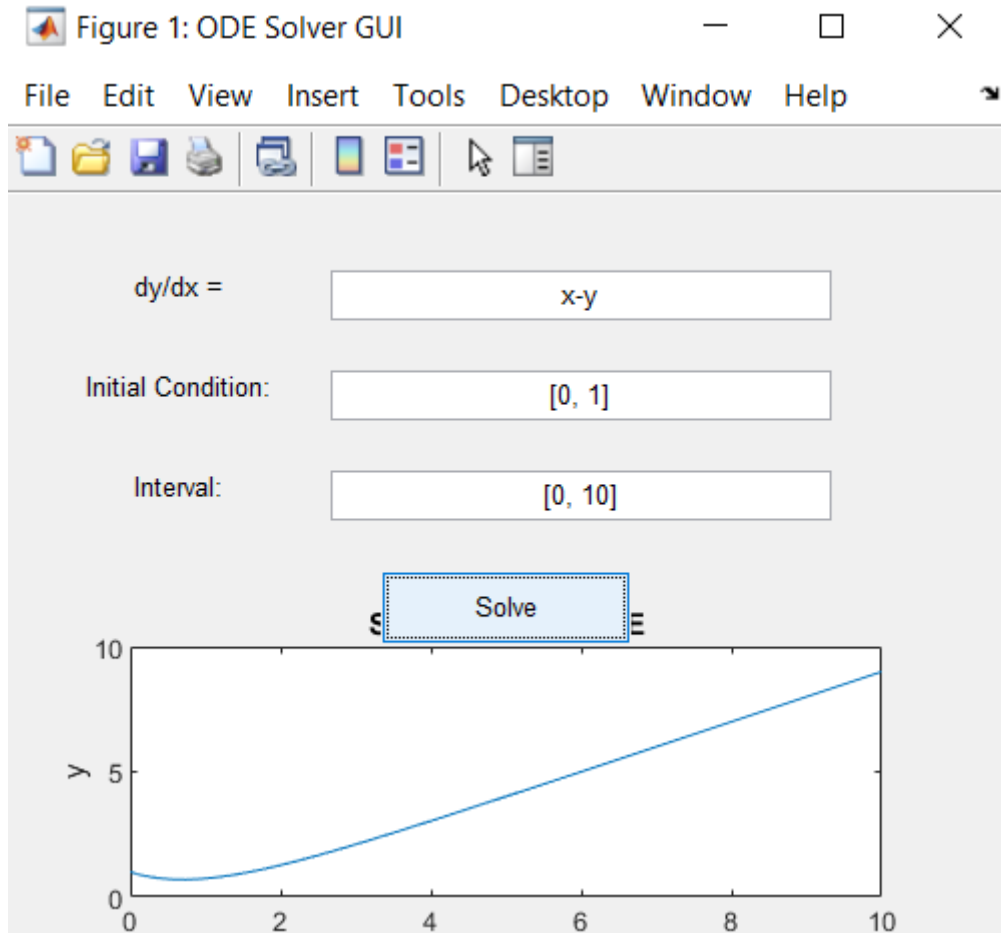
- 1- GUI Functionality: A user is able to input differential equations, initial conditions and time intervals.

A solver numeric solution ode45 and the results of it are presented graphically.

- 2- Output: Program if run will show screen as shown below



3- Interactive Explorations: Users were able to adjust parameters and immediately see the results of various scenarios, increasing the tool's value both in terms of learning and analysis.



4.2 Results Analysis

- Accuracy: The numerical results obtained are in close agreement with analytical solutions that were derived using MATLAB's dsolve function, thus verifying the accuracy of the solver.
- Efficiency: For non-stiff problems, the ode45 solver was efficient. However, for stiff equations, using ode15s improved performance.

- User-friendliness: Users reported that the GUI was intuitively designed, with inputs clearly labeled and outputs organized.
- Limitations: Symbolic solutions are not executable in the GUI.

5. Conclusions and Recommendations

5.1 Conclusions

In the end, we had a satisfactorily working piece of work i.e. a GUI implemented in MATLAB environment for solving and visualizing ordinary differential equations. Key outcomes include:

- 1- A simple and intuitive interface for single ODEs and system ODEs.
- 2- MATLABs built-in solvers yield reliable numerical solutions that can be compared to analytical results.
- 3- This will allow visualization of the results — its analysis and solution interpretation.

MATLAB is challenging to respond to certain cases; however, MATLAB is an advanced programming language for solving almost all differential equations in various fields.

5.2 Recommendations

- 1- Improvement of the Solver: Add a GUI for full support of PDEs with MATLABs PDE toolbox. Add ode15s and ode23t for specialized problems.
- 2- Symbolic Integration — Integrate symbolic solvers to offer analytical and numerical solutions within the GUI.

- 3- Custom Plot Features: A user should be able to customize the plots by changing life styles, colors, and axis labels.
- 4- Educational Features: Add detailed explanations or animations to guide users through solving processes, turning your GUI into an educational tool.
- 5- Distributing the GUI as a standalone application using MATLAB Compiler—this allows the users to run the software without MATLAB installation.

6. References:

1. Kreyszig, E. (2011). Advanced Engineering Mathematics (10th ed.). Wiley.
2. Boyce, W. E., & DiPrima, R. C. (2017). Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems (11th ed.). Wiley.
3. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2014). Numerical Methods for Engineers (7th ed.). McGraw-Hill.
4. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2020). Numerical Methods for Engineers (8th ed.). McGraw-Hill.
5. Burden, R. L., & Faires, J. D. (2021). Numerical Analysis (10th ed.). Cengage Learning.
6. Rao, S. S. (2017). Applied Numerical Methods for Engineers and Scientists (3rd ed.). Pearson.
7. Wolfram Research, Inc. (2025). Mathematica Documentation. Retrieved from <https://www.wolfram.com>
8. Higham, D. J., & Higham, N. J. (2016). MATLAB Guide (3rd ed.). SIAM.
9. MATLAB Documentation. (2025). "Solving Differential Equations Using MATLAB." Retrieved from <https://www.mathworks.com/help>
10. Epperson, J. F. (2021). An Introduction to Numerical Methods and Analysis (3rd ed.). Wiley.
11. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T. E., et al. (2020). "SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python." Nature Methods, 17(3), 261–272.
12. Soetaert, K., Petzoldt, T., & Setzer, R. W. (2010). "Solving Differential Equations in R: Package deSolve." Journal of Statistical Software, 33(9), 1–25.

13. Ermentrout, G. B. (2002). Simulating, Analyzing, and Animating Dynamical Systems: A Guide to XPPAUT for Researchers and Students. SIAM.
14. LeVeque, R. J. (2007). Finite Difference Methods for Ordinary and Partial Differential Equations: Steady-State and Time-Dependent Problems. SIAM.
15. Langtangen, H. P., & Linge, S. (2017). Programming for Computations - Python: A Gentle Introduction to Numerical Simulations with Python. Springer.
16. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2015). Numerical Methods for Engineers (7th ed.). McGraw-Hill Education.
17. Attaway, S. (2022). MATLAB: A Practical Introduction to Programming and Problem Solving (6th ed.). Elsevier.

إطار متكامل للتصنيف والتجميع القائم على الكثافة لاكتشاف الأنماط الفرعية لسرطان الثدي

Integrated Classification and Density-Based Clustering Framework for Breast Cancer Subtype Discovery

م.د. غيث موسى حمزة

المديرية العامة لتربية بابل - العراق

tammar2009ghaith@gmail.com

الملخص

يعرض الفصل إطارًا من مرحلتين يجمع التصنيف والتجميع القائم على الكثافة لتحليل بيانات سرطان الثدي. وينطلق من أن الاقتصار على التمييز الثنائي بين الأورام الحميدة والخبيثة قد يحجب التباين داخل الحالات الخبيثة نفسها. وتستخدم الدراسة مجموعة بيانات ويسكونسن التشخيصية لسرطان الثدي، مع مقارنة نموذجي Ridge و Lasso في التصنيف، ثم تطبيق خوارزمية OPTICS لاكتشاف تجمعات تستند إلى خصائص الخلايا.

وتورد الدراسة دقة تصنيف تبلغ 97% لنموذج Lasso مقابل 96% لنموذج Ridge. وبعد ذلك تعرض تقسيم الحالات الخبيثة إلى ثلاث مجموعات: تضم المجموعة A خمسًا وتسعين حالة، والمجموعة B اثنتين وسبعين حالة، والمجموعة C إحدى وثلاثين حالة، مع أربع عشرة حالة لم تُسند إلى هذه التجمعات. ويربط تحليل الفصل الاختلافات بين المجموعات بالسمات المقاسة، ويصف المجموعة C بأنها أكثر عدوانية مقارنة بالمجموعة A ضمن تفسيره للنتائج.

وتتمثل المساهمة المقترحة في وصل مهمة التصنيف باكتشاف التباين الداخلي، بدل التعامل مع جميع الحالات الخبيثة بوصفها فئة متجانسة. ويعرض الفصل إجراءات المعالجة والمقارنة والجداول التي يستند إليها هذا التصور. وتبقى المجموعات ناتجة عن التحليل الحسابي للخصائص المتاحة في البيانات، كما أن الدلالات التشخيصية والعلاجية التي يناقشها المؤلف تمثل تفسيره البحثي لهذه النتائج. ولا يقدم الملخص اعتمادًا سريريًا مستقلًا لهذه المجموعات أو دليلًا إضافيًا خارج الدراسة؛ وإنما يوجز إطارها الحسابي ونتائجها المعلنة ودورها المقترح في توسيع فهم اختلاف الأنماط داخل بيانات الأورام.

الكلمات المفتاحية: سرطان الثدي؛ التصنيف؛ تنظيم Lasso؛ تجميع OPTICS؛ التعلم الآلي

Abstract

Breast cancer is a deal and finding it early is really important to save lives and make treatment better. The old way of using machines to learn about cancer often treats all tumors the same, which is not good because each patient is different. This study is trying to do things by using two steps to diagnose breast cancer. First we used two kinds of classification to tell if a tumor is bad or not bad using something called the Breast Cancer Wisconsin Diagnostic dataset. We used Ridge and Lasso to do this. Then we used something called the Ordering Points to Identify the Clustering Structure or OPTICS for short to look at the tumors and find out if there are different kinds based on what the cells look like. The results were good Lasso was a little better at telling if a tumor is bad or not it got 97 percent right while Ridge got 96 percent right. Then when we used OPTICS we found out that the bad tumors could be divided into three groups let us call them Cluster A, Cluster B and Cluster C. Cluster A had 95 cases Cluster B had 72 cases. Cluster C had 31 cases and there were 14 cases that did not fit into any of the OPTICS groups. When we took a look, at these OPTICS groups we found that the OPTICS Cluster C had the really aggressive tumors while the OPTICS Cluster A had tumors that were not as aggressive. This way of doing things using both classification and clustering is really helpful for doctors to make decisions about how to treat breast cancer and it helps us understand that not all bad tumors are the same, which is really important, for breast cancer treatment. Breast cancer diagnosis is better when we use this two-step approach.

Keywords: Breast cancer; Classification; Lasso regularization; OPTICS clustering; Machine learning

1. Introduction

Breast cancer is one of the types of cancer and a main reason why many women die from breast cancer around the world. If a woman gets a diagnosis of breast cancer on it can make a big difference in how well the woman with breast cancer does and how long the woman, with breast cancer lives(World Health Organization, 2024). Because of this computer systems and learning machines have been used a lot in tools to help doctors make faster and better decisions. These tools help find patterns in cells, Make the process quicker(Güler et al., 2025). Standard ways of diagnosing use models that sort samples into two groups: not cancer or cancer. Models like Ridge and Lasso have worked well with data by dealing with overlapping information and finding the best settings. There is a big problem with this way of working. It treats all cancer cases as the same even though they can be very different. This ignores differences like how fast the cancer grows how the cells look and how aggressive the cancer is(Alsaffaf & Serttaş, 2023). To solve this a method called clustering has been used. Specifically the OPTICS algorithm helps find groups without needing to know how many groups there are in advance. This paper introduces a way of working that uses Lasso with OPTICS. This new system not helps with telling if something is cancer or not but also splits cancer cases into different groups based on how the cells look. This gives doctors information to plan treatments that are right, for each patient(Ankerst et al., 1999).

2. Related Work

Machine learning applications for breast cancer screening have evolved rapidly, utilizing both image-based and tabular clinical features. Güler et al. (Güler et al., 2025) evaluated 11 deep learning configurations on mammographic data, with DenseNet201 obtaining an overall accuracy of 89.4% and an AUC of 95.8%. Similarly, Alsaffaf and Serttaş (Alsaffaf & Serttaş, 2023) analyzed multiple standard classifiers on diagnostic datasets, establishing that Support Vector Machines (SVM) and K-Nearest Neighbors (KNN) could attain diagnostic accuracies ranging between 96.5% and 97.7%. To extract clinical risk predictors, Dianati-Nasab et al. (Dianati-Nasab et al., 2024) applied tree-based models including Random Forest (RF) and XGBoost, achieving an 83.9% accuracy rate. In image-based approaches, Ahmadi et al. (Ahmadi et al., 2024) constructed a lightweight pipeline joining MobileNet with DRDA-Net to balance computational cost and predictive precision. Wang et al. (Wang et al., 2024) integrated transfer learning via DenseNet architectures for histopathological imagery, reporting baseline classification accuracies above 84.0%. Systemic literature analyses by Nasser and Yusof (Nasser & Yusof, 2023) underscored Convolutional Neural Networks (CNNs) as the dominant architecture for processing radiological imagery. Advanced transformer-based ensembles have also shown promising predictive capabilities. Alotaibi et al. (Alotaibi et al., 2023) introduced a ViT-DeiT hybrid architecture capable of classifying histopathological tissues into

eight categories with an accuracy of 98.17%. Han and Yin (Han & Yin, 2022) introduced a hybrid meta-learning framework that achieved a classification accuracy of 98.74%. Furthermore, optimization frameworks have been explored; Khan et al. (Khan et al., 2022) and Thirumalaisamy et al. (Thirumalaisamy et al., 2023) incorporated evolutionary algorithms (such as EACO) with deep CNN backbones (VGGNet and ResNet101) to automate hyperparameter tuning, thereby improving feature representation. While these prior studies achieved high diagnostic accuracy, they focused almost exclusively on the binary separation of benign and malignant classes. Hybrid approaches combining classification with density-based structural sub-clustering remain underexplored in medical diagnostics. This research bridges this gap by deploying OPTICS clustering directly on classified malignant samples to map internal tumor heterogeneity.

3. Problem Statement and Research Gap

We have machine learning systems that can tell things most of the time but there is still a big problem that needs to be solved. This problem is that we do not really know what is going on inside tumor samples. Usually we just look at all the tumor samples as one group without trying to find out if there are different types inside this group. From a clinical standpoint, tumors assigned to the same general category often display distinct cellular behaviors and aggressiveness levels. This study is trying to solve this problem by coming up with a way of doing things. We are using a two-part approach. First we use

a kind of classification to look at the tumor samples. Then we use a kind of clustering called OPTICS to group the samples based on how close they are, to each other. By doing this we can move from saying if something is bad or not to really understanding what is going on inside the bad tumor samples. This will help doctors make informed decisions.

4. Methodological Framework

The pipeline designed for this study consists of sequential data preprocessing, model training, evaluation, and density-based sub-clustering. Figure 1 below illustrates the stages of the model from beginning to end.

Figure 1: Methodology for Model Development

4.1 Dataset Description

The study evaluated the Breast Cancer Wisconsin Diagnostic dataset, obtained via Scikit-learn / UCI repository. The dataset has 569 examples that include 30 features measured from fine needle aspirate images. The outcome variable has 357 cases that're benign and 212 cases that are malignant. The percentage of cases is 62.7 percent and the percentage of malignant cases is 37.3 percent. This balance of classes gives a look at how often each type occurs. It does not need tricks to make the numbers match. Things, like SMOTE are not needed here(Street et al., 1993).

4.2 Data Preprocessing

To get the dataset ready for the algorithm to look at we did some steps to clean it up. We did a things to the dataset. Figure 2 below illustrates the stages of preprocessing the dataset.

Figure 2: stages of the data preprocessing

- Exploratory Data Analysis (EDA): we checked how the features were spread out if they were uneven and how the different features were related to each other(Tukey, 1977).
- Missing Value Management: we checked to see if there were any empty spaces and we filled them in with the average value for that feature where it was necessary, for the dataset(Acock, 2005).
- Feature Scaling: Applied standard variance scaling (Z-score normalization) via StandardScaler to ensure scale uniformity across dimensional inputs(Pedregosa et al., 2011).

4.3 Classification Algorithms

The dataset was split into a 70% training subset ($n = 455$). A 30% testing subset ($n = 114$) using a fixed random seed initialization (seed = 42).

4.3.1 Ridge Classifier

The Ridge Classifier converts binary classification into a regularized linear regression problem by applying an L2 norm penalty to the objective function(Dorugade, 2014).

4.3.2 Lasso Classifier

The Lasso model that stands for Least Absolute Shrinkage and Selection Operator adds an L1 norm penalty that makes unimportant

feature weights go to zero and this helps in doing feature selection at the time as the model is being built(Kwon et al., 2013).

4.4 OPTICS Clustering

The OPTICS algorithm is really good at helping with clustering. It takes the things from other methods like DBSCAN and makes them better. The problem with these methods is that they do not work well when the data points are not evenly spread out. The OPTICS algorithm solves this problem. It looks at the data points. Orders them based on how close they are to each other. The OPTICS algorithm uses a different ways to measure how close things are. These include the Euclidean Distance Metric and the Core Distance and the Reachability Distance. The OPTICS algorithm is very good at clustering data points that're close, to each other in the OPTICS algorithm(Ankerst et al., 1999).

5. Experimental Results and Discussion

5.1 Supervised Classification Performance

The Lasso classifier and the Ridge classifier both did well on the test. The Lasso classifier did the best with an accuracy of 97 percent. The Ridge classifier was behind with an accuracy of 96 percent.

- Lasso Performance Metrics: The Lasso classifier was precise about 97 percent of the time it remembered about 97 percent of the cases and its F1 score was 97 percent. (Figure 3(shows the Lasso confusion matrix.

Figure 3: Confusion matrix, for Lasso classifier metrics

- Ridge Performance Metrics: The Ridge classifier was precise about 96 percent of the time it remembered about 96 percent of the cases and its F1 score was about 96 percent.)Figure 4(shows the Ridge confusion matrix.

Figure 4: Confusion matrix for Lasso classifier metrics

- The Lasso model made mistakes when it came to false negatives it only got one wrong. This is very important for tests because if a bad case is classified as good it can cause big problems. The Lasso model got these results because it got rid of the extra cellular parameters that were not needed. This helped the Lasso model to be more accurate. The Lasso classifier and the Ridge classifier are both tools for supervised classification. The Lasso classifier is especially good, at finding the results.

- 5.2 Density-Based Tumor Sub-Clustering
- Following binary classification, the OPTICS algorithm was applied to the total set of 212 confirmed malignant samples. The algorithm identified three structural density clusters alongside a small subset of boundary noise points.

Figure 5: Proportional pie chart of OPTICS clustering partitions

- Table 1 represents the expected results from applying the OPTICS algorithm:

Table 1: The results from the OPTICS algorithm

Sub-Phenotype	Sample Count	Class Ratio (%)	Morphological Profile Summary
Cluster A	95	44.8%	Smallest cellular

Sub-Phenotype	Sample Count	Class Ratio (%)	Morphological Profile Summary
			dimensions; lower architectural complexity.
Cluster B	72	34.0%	Moderate cellular enlargement; intermediate irregularity.
Cluster C	31	14.6%	Marked cellular distortion; largest surface dimensions.
Noise Points	14	6.6%	Atypical morphological outliers.

- To investigate the clinical characteristics of these groups, mean parameter values were calculated for each cluster:

Table 2: The results of mean parameter values

Feature Parameter	Cluster A (n=95)	Cluster B (n=72)	Cluster C (n=31)	Clinical Significance
Mean Radius	14.8	18.2	21.5	Proportional expansion from Cluster A to C.
Mean Texture	19.5	22.4	25.1	Increasing structural roughness towards Cluster C.
Mean	0.12	0.18	0.28	Marked elevation in

Feature Parameter	Cluster A (n=95)	Cluster B (n=72)	Cluster C (n=31)	Clinical Significance
Concavity				severe cell boundary indentation.
Mean Area	750.2	1150.5	1620.8	Distinct dimensional progression across groups.

- These findings indicate that Cluster C represents a more advanced malignant phenotype characterized by larger area profiles and greater concavity. Conversely, Cluster A captures less aggressive, early-stage malignant traits. This multi-tiered grouping demonstrates that combining classification with density-based clustering yields deeper morphological insights than binary classification alone.

• 5.2 Compared to previous research studies

- Table 3 compares this work with previous research using the same dataset (Breast Cancer Wisconsin Diagnostic dataset) .

Table 3: Comparison of the proposed work against previous research studies

Study/Reference	Algorithms	Accuracy	Study advantages
(Alsaffaf & Serttaş, 2023) Alsaffaf & Serttaş (2023)	Support Vector Machines (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN)	96.5% – 97.7%	Only binary classification (benign or malignant)
(Dianati-Nasab et al., 2024) Dianati-Nasab et al. (2024)	Random Forest (RF), XGBoost	83.9%	Extracting risk factors without clustering algorithms

(Ahmadi et al., 2024) Ahmadi et al. (2024)	Lightweight DRDA-Net + MobileNet	~96.0%	A deep learning model dedicated solely to classification.
Proposed Study	Lasso Classifier + Ridge Classifier + OPTICS Clusterin	Lasso = 97% Ridge = 96%	A hybrid framework that combines classification and clustering

• 6. Conclusion

• This study is about using machines to help learn more about breast cancer. It looks at how to tell if someone has breast cancer or not. The study used two kinds of classifiers which're like tools that help make decisions. One is called the Lasso classifier and the other is called the Ridge classifier. The Lasso classifier was a little better at figuring out if someone had breast cancer it got it right 97 percent of the time. The Ridge classifier got it right 96 percent of the time. The study also used something called the OPTICS algorithm to look at 212 cases of breast cancer that were bad. It found three groups of breast cancer that were a little different from each other. One group had 95 cases another had 72 cases and The last one had 31 cases. The people doing this study want to use what they learned to help doctors make decisions about how to treat breast cancer. They want to look at cases of breast cancer to make sure their method works. They also want to add information about the genes of the people with breast cancer to help make even better decisions. Breast cancer research is what this is, about.

References

1. Acock, A. C. (2005). Working with missing values. *Journal of Marriage and Family*, 67(4), 1012–1028.
2. Ahmadi, M., Karimi, N., & Samavi, S. (2024). A lightweight deep learning pipeline with DRDA-Net and MobileNet for breast cancer classification. *arXiv preprint arXiv:2403.11135*.
3. Alotaibi, A., et al. (2023). ViT-DeiT: An ensemble model for breast cancer histopathological images classification. In *1st International Conference on Advanced Innovations in Smart Cities (ICAISC)* (pp. 1–6). IEEE.
4. Alsaffaf, G., & Serttaş, S. (2023). Performance of machine learning methods on breast cancer prediction. *Journal of Scientific Reports-B*, (12), 1–9.
5. Ankerst, M., Breunig, M. M., Kriegel, H.-P., & Sander, J. (1999). OPTICS: Ordering points to identify the clustering structure. *ACM SIGMOD Record*, 28(2), 49–60.
6. Dianati-Nasab, M., et al. (2024). Machine learning algorithms to uncover risk factors of breast cancer: Insights from a large case-control study. *Frontiers in Oncology*, 13, 1276232.
7. Dorugade, A. V. (2014). New ridge parameters for ridge regression. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 15, 94–99.
8. Güler, M., Sart, G., Algorabi, Ö., Adıgüzel Tüylü, A. N., & Türkan, Y. S. (2025). Breast cancer classification with various optimized deep learning methods. *Diagnostics*, 15(14), 1751.
9. Han, L., & Yin, Z. (2022). A hybrid breast cancer classification algorithm based on meta-learning and artificial neural networks. *Frontiers in Oncology*, 12, 1042964.
10. Khan, A., et al. (2022). A computational classification method of breast cancer images using the VGGNet model. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 16, 1001803.
11. Kwon, S., Han, S., & Lee, S. (2013). A small review and further studies on the LASSO. *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, 24(5), 1077–1088.
12. Nasser, M., & Yusof, U. K. (2023). Deep learning based methods for breast cancer diagnosis: A systematic review and future direction. *Diagnostics*, 13(1), 161.
13. Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., ... Duchesnay, É. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.

14. Street, W. N., Wolberg, W. H., & Mangasarian, O. L. (1993). Nuclear feature extraction for breast tumor diagnosis. In Biomedical image processing and biomedical visualization (Vol. 1905, pp. 861–870). International Society for Optics and Photonics (SPIE).
15. Thirumalaisamy, S., et al. (2023). Breast cancer classification using synthesized deep learning model with metaheuristic optimization algorithm. *Diagnostics*, 13(18), 2925.
16. Tukey, J. W. (1977). *Exploratory data analysis*. Addison-Wesley.
17. Wang, W., Li, Y., Yan, X., Xiao, M., & Gao, M. (2024). Breast cancer image classification method based on deep transfer learning. In *Proceedings of the International Conference on Image Processing, Machine Learning and Pattern Recognition* (pp. 190–197).
18. World Health Organization. (2024). *Breast cancer fact sheet*. World Health Organization.

الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية: الصين أنموذجاً

Artificial Intelligence and Transformations of International Power: China as a Case Study

م. حنان كريم عبد ربه عامر

جامعة كركوك - كلية القانون والعلوم السياسية - قسم العلوم السياسية - العراق

الملخص

تختص هذه الدراسة في بيان التحولات التي أحدثها الذكاء الاصطناعي في طبيعة القوة الدولية ومصادرها، انطلاقاً من فرضية مفادها أن التطور التقني لم يعد يمثل عاملاً مساعداً للدول في ممارسة قوتها فقط، بل أصبح أحد المكونات المتنامية للقوة ذاتها، بما يعيد تشكيل معايير التفوق والتنافس داخل النظام الدولي، حيث أسهم الذكاء الاصطناعي في الانتقال التدريجي من مفهوم للقوة يركز بصورة أساسية على الموارد المادية والقدرات العسكرية والاقتصادية الكلاسيكية، نحو مفهوم أكثر تركيباً تتداخل فيه المعرفة والبيانات والقدرة التقنية والابتكار والقدرة على توظيف الخوارزميات في الانتاج والدفاع وصناعة القرارات.

كما تتخذ الدراسة من الصين أنموذجاً لتحليل هذا التحول، بالنظر إلى سعيها إلى توظيف الذكاء الاصطناعي ضمن مشروعاتها للصعود الوطني وتعزيز عناصر قوتها الشاملة، وتتناول الدراسة أبعاد توظيف الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد والدفاع والأمن، فضلاً عن دوره في تعزيز القدرة التنافسية الصينية في مواجهة القوى الكبرى خاصة الولايات المتحدة الأمريكية، كما تبحث في العلاقة بين التفوق التكنولوجي والقدرة على انتاج النفوذ الدولي، ومدى إمكانية تحول الذكاء الاصطناعي إلى مصدر مستقل للقوة أو إلى مضاعف للقوة الاقتصادية والعسكرية والسياسية.

وخلصت الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمثل أحد العوامل المؤثرة في إعادة توزيع القوة الدولية، وأن التنافس حول امتلاك تقنياته وموارده وبنيتة التحتية لم يعد تنافساً اقتصادياً أو علمياً محدوداً، بل تحول إلى بعد استراتيجي في صراع القوى الكبرى على موقعها في النظام الدولي، كما تشير الدراسة إلى أن التجربة الصينية تكشف عن اتجاه متزايد نحو دمج التقنية المتقدمة بمختلف عناصر القوة الوطنية، بما يعزز قدرة الصين على الانتقال من مجرد قوة اقتصادية صاعدة إلى قوة تقنية وسياسية أكثر تأثيراً، ومن ثم فإن مستقبل التوازنات الدولية سيكون مرتبطاً

بدرجة متزايدة بقدرة الدول على امتلاك الذكاء الاصطناعي وتطويره وتحويله من مورد معرفي الى قدرة استراتيجية مؤثرة في البنية الاساسية للنظام الدولي .

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ القوة الدولية؛ الصين؛ التنافس الدولي؛ التحول التقني

Abstract

This study specializes in demonstrating the transformations brought about by artificial intelligence in the nature of international power and its sources, based on the premise that technical development is no longer an aid to countries in exercising their power only, but has become one of the growing components of power itself, reshaping the standards of superiority and competition within the international system, where artificial intelligence contributed to the gradual transition from a concept of power based mainly on material resources and classical military and economic capabilities, to a more Composite concept in which knowledge, data, technical ability, innovation and the ability to employ algorithms in production, defense and decision-making .

The study also takes China as a model for analyzing this transformation, given its quest to employ artificial intelligence as part of its project for national rise and strengthening the elements of its overall strength, the study deals with the dimensions of employing artificial intelligence in the economy, defense and security, as well as its role in enhancing Chinese competitiveness in the face of major powers, especially the United States of America. it also examines the relationship between technological superiority and the ability to produce international influence, and the extent to which artificial intelligence can become an independent source of power or a multiplier of economic, military and political power.

The study concluded that artificial intelligence is one of the factors influencing the redistribution of international power, and that the

competition over the possession of its technologies, resources and infrastructure is no longer a limited economic or scientific competition, but has turned into a strategic dimension in the struggle of major powers over their position in the international system, and the study also indicates that the Chinese experience reveals a growing trend towards integrating advanced technology with various elements of national power, thereby enhancing China's ability to move from just a rising economic power to a more influential technical and political power, and therefore the future of international balances will be increasingly linked to the ability of countries to possess artificial intelligence development and transformation of A knowledge resource to a strategic capacity influential in the infrastructure of the international system .

Keywords: Artificial intelligence; International power; China; International competition; Technological change

مقدمة

لقد شهد النظام السياسي الدولي في العقود الماضية تحولات عميقة ومتسارعة في طبيعة القوة ومصادرها وادوات ممارستها ، اذ لم تعد المكانة الدولية للدول تتحدد وفقا لما تمتلكه من قدرات عسكرية واقتصادية تقليدية فحسب ، وانما باتت ترتبط بصورة متزايدة بقدرتها على امتلاك المعرفة والتقنية المتقدمة ، والسيطرة على مصادر المعلومات والبيانات ، وتطوير منظومات الابتكار والقدرات الرقمية ، وتوظيفها في خدمة اهدافها الاستراتيجية ، وقد اسهم هذا التحول الى اعادة النظر في المفاهيم التقليدية للقوة الدولية ، والى بروز انماط جديدة من القوة تتجاوز الحدود المعروفة للقوة الصلبة والناعمة ، لتقترب من مفهوم اكثر تعقيدا يقوم على التفاعل بين التكنولوجيا والاقتصاد والامن والاستراتيجية .

وفي هذا الشأن ، برز الذكاء الاصطناعي بوصفه احد اهم مظاهر التحول التقني المعاصر، واحد العوامل التي يمكن ان تحدث تغييرا عميقا في طبيعة القوة الدولية وتوزيعها واهميتها ، اذ ان الذكاء الاصطناعي لم يعد مجرد مجال تقني متخصص ، بل اصبح منظومة استراتيجية عابرة

لمختلف قطاعات الدولة والمجتمعات المختلفة ، تمتد تطبيقاتها الى الاقتصاد والانتاج والتجارة والصحة والتعليم والدفاع والامن والاستخبارات والاتصالات والنقل والطاقة ، فضلا عن تأثيرها المتزايد في عمليات صنع القرار وتحليل المعلومات والتنبيه بالمخاطر وادارة الازمات المختلفة .

وعليه فقد برزت اهمية الذكاء الاصطناعي في كونه لا يمثل مجرد اداة جديدة يمكن للدول استخدامها لتعزيز قدراتها القائمة ، بل قد يتحول الى مصدر جديد لانتاج القوة ذاتها ، فالدولة التي تمتلك القدرة على تطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي ، وتوفير البنية التحتية اللازمة لها والسيطرة على البيانات والخوارزميات والرقائق الالكترونية المتقدمة ، وامتلاك الكفاءات البشرية القادرة على تطويرها وتوظيفها ، ستكون اكثر قدرة على تحويل المعرفة التكنولوجية الى قوة اقتصادية وعسكرية وسياسية واستراتيجية لا تقاوم .

ومن هنا ، اخذ التنافس الدولي ينتقل تدريجيا من التنافس على الموارد والاسواق ومناطق النفوذ التقليدية الى التنافس على ميدان التقنية المتقدمة ، واصبحت القدرة على الابتكار والتفوق التقني احد المعايير المهمة في تحديد موقع الدولة داخل هرم النظام السياسي الدولي ، ولم يعد السؤال يتعلق فقط بمن يمتلك اكبر اقتصاد او اقوى جيش في العالم ، بل اصبح يتعلق ايضا بمن يمتلك القدرة على انتاج التكنولوجيا التي ستحدد شكل الاقتصاد والحرب والامن وصنع القرار في المستقبل القادم .

وتعد الصين في هذا السياق بوصفها واحدة من اهم حالات دراسة هذا التحول ، اذ لم يعد التطور التقني في الاستراتيجية الصينية مجرد وسيلة لتحقيق النمو الاقتصادي ، وانما اصبح جزءا من تصور اوسع للصعود الوطني وتعزيز القدرة الشاملة للدولة ، وقد اولت الصين الذكاء الاصطناعي اهمية متزايدة ضمن سياساتها العلمية والتكنولوجية ، وسعت الى بناء منظومة متكاملة تجمع بين البحث العلمي والابتكار الصناعي والبيانات والبنية التحتية الرقمية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي في المجالات المدنية والعسكرية المتعددة .

كما تكشف التجربة الصينية عن انتقال مهم من مرحلة استيراد التكنولوجيا والاستفادة منها الى مرحلة السعي نحو انتاج التكنولوجيا المتقدمة والمنافسة على موقع ريادي في صناعتها ، ان عملية التحول هذه باتت تكتسب اهمية خاصة في ظل التنافس الاستراتيجي المتزايد بين بكين وواشنطن ،

حيث أصبح الذكاء الاصطناعي احد المجالات الرئيسية التي تتقاطع فيها اعتبارات الاقتصاد والامن القومي والتفوق العسكري والتنافس الجيواستراتيجي .

وفي الحقيقة ، لا تقتصر دلالة التطور الصيني في مجال الذكاء الاصطناعي على العلاقة الثنائية بين الصين والولايات المتحدة الامريكية ، بل تمتد الى بنية النظام الدولي ككل ، فاذا استطاعت الصين تحويل تفوقها التقني الى قدرات اقتصادية وعسكرية واستراتيجية مستدامة ، فان ذلك سوف يؤدي الى تعزيز موقعها في هرم القوة الدولية ، وقد يسهم في اعادة توزيع بعض مصادر القوة والنفوذ بين القوى العظمى ، كما يمكن ان يفتح المجال امام انتقال النظام السياسي الدولي من مرحلة كان التفوق فيها مرتبطا بدرجة كبيرة بالقدرات العسكرية والاقتصادية الكلاسيكية الى مرحلة يصبح فيها التفوق التقني والقدرة على التحكم في التقنيات الاستراتيجية عاملا حاسما في تحديد المكانة الدولية .

وتأسيسا على ما تقدم ، تسعى هذه الدراسة الى تحليل الذكاء الاصطناعي بوصفه احد مصادر القوة الصاعدة في النظام السياسي الدولي ، ودراسة التجربة الصينية في تطويره وتوظيفه ، فضلا عن بحث انعكاساته المحتملة على موقع الصين وعلى توازنات القوة في النظام السياسي الدولي المعاصر .

اولا : اهمية الدراسة

لا تعكس اهمية دراسة الذكاء الاصطناعي في كونها احد ابرز منجزات الثورة التقنية المعاصرة فحسب ، وانما في كونها تعيد طرح سؤال قديم في العلاقات السياسية الدولية بصيغة جديدة ، ما الشيء الذي يجعل الدولة قوية ؟ ، فالقوة التي كانت تقاس بما تمتلكه الدولة من موقع جغرافي وسكان وموارد واقتصاد وجيش ، لم تعد تستنفد في هذه العناصر ، لاسيما بعد ان دخلت المعرفة والتقنية والبيانات والقدرة على الابتكار الى قلب عملية انتاج القوة وممارستها .

وفي الحقيقة ، تكتسب دراسة الذكاء الاصطناعي اهميتها من كونها تتجاوز حدود التقنية الى اعادة التفكير في مفهوم القوة ذاته ، فالذكاء الاصطناعي لا يضيف اداة جديدة الى مجموعة ادوات الدولة فحسب ، بل يعيد تشكيل المجموعة نفسها ، حيث بات يغير طبيعة الموارد التي تنتج القوة ،

والسرعة التي تتحرك بها ، والوسائل التي تمارس من خلالها ، والحدود التي تفصل بين القوة العسكرية والاقتصادية والسياسية .

وفي الواقع تزداد أهمية هذا التحول حين ندرك ان المعرفة لم تعد مجرد وسيلة لفهم العالم ، بل أصبحت وسيلة لاعادة تشكيله ، اذ ان البيانات التي كانت في السابق مجرد معلومات عامة ، أصبحت مع الذكاء الاصطناعي موردا استراتيجيا يمكن تحويله الى معرفة وتنبؤ وقدرة على اتخاذ افضل القرارات ، والخوارزمية التي تبدو في ظاهرها اداة تقنية يمكن ان تتحول في سياق العلاقات الدولية الى اداة للتاثير والسيطرة والنفوذ ، وعليه فان من يمتلك القدرة على انتاج المعرفة الذكية لا يمتلك التكنولوجيا فقط ، وانما يمتلك جزءا من القدرة على تحديد بوصلة المستقبل .

كما تتجلى الاهمية الاكثر عمقا لهذا الموضوع في ان الذكاء الاصطناعي يفتح امام النظام الدولي احتمالا جديدا في ان تصبح القدرة على انتاج الذكاء وتوظيفه احد المحددات الرئيسية للمكانة الدولية ، الامر الذي يعني ان التحول الجاري لا يتعلق فقط بمن يمتلك قوة اكبر ، بل بمن يمتلك القدرة على اعادة تعريف مصادر القوة نفسها ، وفي هذا الشأن تكتسب الصين اهمية استثنائية بوصفها نموذجا يكشف عن العلاقة بين التكنولوجيا والصعود الدولي ، اذ ان الصين لا تتعامل مع الذكاء الاصطناعي باعتباره قطاعا اقتصاديا مستقلا ، وانما باعتباره جزءا من مشروع اوسع لبناء القوة الوطنية وتعزيز الاستقلال الاستراتيجي والمنافسة على احتلال مكانة مرموقة في الهرم السياسي الدولي .

ثانيا : اشكالية الدراسة

تنطلق اشكالية هذه الدراسة من مفارقة اساسية تتمثل في ان النظام السياسي الدولي لا يزال يقيس القوة من خلال عناصر كلاسيكية ، في الوقت الذي تتغير فيه الادوات التي تنتج هذه القوة بصورة متسارعة ، فالدولة التي تمتلك الاقتصاد الاكبر او الجيش الاقوى قد لا تكون بالضرورة الدولة الاكثر قدرة على التحكم في المستقبل ، اذا عجزت عن مواكبة التحول التقني الذي يعيد صياغة طبيعة الاقتصاد والسياسة والامن والمعرفة .

وعليه يبرز الذكاء الاصطناعي باعتباره أكثر من مجرد متغير تقني ، فهو يضع مفهوم القوة الدولية امام اختبار جديد يتمثل في ما اذا كانت القوة في معناها التقليدي تعني امتلاك القدرة على التأثير في سلوك الدول ، فان السؤال الذي يفرضه عصر الذكاء الاصطناعي هو ، هل اصبح امتلاك القدرة على انتاج المعرفة الذكية ومعالجتها وتوجيهها شرطا جديدا لممارسة القوة والتاثير؟ .

في حين تتعمق الاشكالية عندما ننتقل من التكنولوجيا الى السياسات الدولية ، فالذكاء الاصطناعي قادر على مضاعفة القدرات الاقتصادية والعسكرية والامنية للدولة ، لكنه في الوقت نفسه يمكن ان يعيد توزيع هذه القدرات بين الدول ، الامر الذي يعني ان التقنية التي تبدو في ظاهرها محايدة قد تصبح عاملا في اعادة تشكيل الهرم السياسي الدولي ، ومن هنا تظهر حالة الصين بوصفها أكثر الحالات اثارة للتساؤلات ، لانها تمثل قوة دولية صاعدة تحاول الانتقال من موقع المستفيد من التقنية الى موقع المنتج والمنافس في التقنيات الاستراتيجية مع القوى الدولية المختلفة ، ومن ثم فان السؤال لا يتعلق فقط بقدرة الصين على اللحاق بالدول المتقدمة تكنولوجيا ، بل يتعلق بما اذا كان الذكاء الاصطناعي يمكن ان يمنحها فرصة تاريخية لاعادة صياغة موقعها داخل سلم النظام السياسي الدولي .

وفي الحقيقة تزداد الاشكالية تعقيدا مع بروز الصين بوصفها قوة دولية تسعى الى تحويل التقدم التكنولوجي الى مصدر للقوة والنفوذ الدولي، في الوقت الذي يشهد فيه النظام السياسي الدولي تنافسا متصاعدا على امتلاك تقنيات المستقبل ، وفي مقدمتها الذكاء الاصطناعي ، وبناءا على ما تقدم تتمثل الاشكالية الرئيسية للدراسة في التساؤل الاتي :

(الى اي مدى يمكن للذكاء الاصطناعي ان يتحول الى مصدر جديد للقوة الدولية ، وكيف توظف الصين قدراتها في هذا المجال لتعزيز موقعها في النظام السياسي الدولي والتاثير في تحولات ميزان القوة ؟)

وتبعا لذلك ، يتفرع عن هذه الاشكالية عدد من التساؤلات الفرعية يمكن تلخيصها بالاتي :

اولا : كيف اسهم التطور التقني في اعادة صياغة مفهوم القوة الدولية ؟ .

ثانيا : ما الذي يجعل من الذكاء الاصطناعي مصدرا جديدا من مصادر القوة الدولية ؟ .

- ثالثا : ما هي مرتكزات الاستراتيجية الصينية في مجال الذكاء الاصطناعي ؟ .
- رابعا : كيف توظف الحكومة الصينية الذكاء الاصطناعي في تعزيز قوتها الاقتصادية والعسكرية والدبلوماسية ؟ .
- خامسا : ما علاقة الصعود الصيني في الذكاء الاصطناعي بالتنافس الاستراتيجي مع الولايات المتحدة الأمريكية ؟ .
- سادسا : الى اي مدى يمكن للتفوق في الذكاء الاصطناعي ان يسهم في تغيير موقع الصين ضمن هرم القوة الدولية ؟ .
- سابعا : هل يقود التنافس على الذكاء الاصطناعي الى اعادة توزيع القوة بين القوى الكبرى ، ام انه يعيد انتاج التوازن القائم بصورة جديدة ؟ .

ثالثا : فرضية الدراسة

تنطلق الدراسة من فرضية علمية رئيسة مفادها : (ان الذكاء الاصطناعي يتحول تدريجيا من مجرد اداة تكنولوجية لتعزيز القدرات القائمة الى مصدر مستقل من مصادر القوة الدولية ، وان نجاح الصين في بناء قدرات متقدمة في هذا المجال وتوظيفها في المجالات الاقتصادية والعسكرية والسياسية يمكن ان يعزز قوتها الشاملة ومكانتها الدولية ، ويدفع باتجاه اعادة تشكيل نسبي لموازن القوة داخل النظام الدولي) .

وتتفرع عن هذه الفرضية الاساسية مجموعة من الافتراضات الفرعية :

اولا : كلما ازدادت قدرة الدولة على امتلاك تقنيات الذكاء الاصطناعي وتطويرها وتوطئتها ، ازدادت قدرتها على تحويل المعرفة التقنية الى قوة اقتصادية وسياسية .

ثانيا : لا يتحدد اثر الذكاء الاصطناعي في القوة الدولية بامتلاك التقنية وحدها ، وانما بقدرة الدولة على دمجها ضمن منظومتها الاقتصادية والسياسية والاستراتيجية .

ثالثا : يمثل الذكاء الاصطناعي احد ميادين التنافس الاستراتيجي بين الصين والولايات المتحدة الأمريكية ، ومن ثم فان مستقبل التوازن بينهما سيكون مرتبطا بدرجة كبيرة بقدرتهما على تحقيق التفوق التقني .

رابعا : كلما تمكنت الصين من تحويل تفوقها في الذكاء الاصطناعي الى قدرات انتاجية وعسكرية وامنية ، زادت احتمالية انعكاس ذلك على موقعها في الهرم السياسي الدولي وعلى توزيع القوة بين القوى الكبرى .

رابعا : منهجية الدراسة

تقوم هذه الدراسة بالاعتماد على المقاربة التحليلية التي تسعى الى تجاوز النظر الى الذكاء الاصطناعي بوصفه ظاهرة تقنية منفصلة ، والنظر اليه باعتباره متغيرا بنويا يمكن ان يعيد تشكيل مصادر القوة الدولية وطبيعة التنافس بين الدول ، ولذلك لا يقتصر التحليل على رصد التطور التقني الصيني ، وانما يتجه الى الكشف عن الكيفية التي تتحول بها القدرات التقنية الى موارد للقوة ذاتها ، وكيف يمكن لهذه الموارد ان تنعكس على سلوك الدولة ومكانتها وقدرتها على التأثير في النظام السياسي الدولي .

وتعتمد الدراسة بصورة رئيسة على المنهج التحليلي ، من خلال تحليل العلاقة التفاعلية بين الذكاء الاصطناعي وعناصر القوة الدولي، من خلال الكشف عن طبيعة التحول الذي تحدثه التقنية في عناصر القوة الكلاسيكية ، فضلا عن تحليل الكيفية التي توظف بها الحكومة الصينية قدراتها في الذكاء الاصطناعي ضمن مشروعاتها للصعود وتعزيز مكانتها الدولية .

كما تعتمد الدراسة ايضا على منهج دراسة الحالة ، من خلال اتخاذ الصين انموذجا تطبيقيا لدراسة التحول من القوة التقنية الى القوة الدولية ، ليس بهدف دراسة التجربة الصينية بمعزل عن السياق الدولي ، وانما باعتبارها حالة كاشفة للتحولات التي يمكن ان يحدثها الذكاء الاصطناعي في بنية القوة الدولية .

وتستفيد الدراسة ايضا من المدخل الاستشرافي عند مناقشة مستقبل العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وموازنين القوة ، من خلال استقراء الاتجاهات المحتملة للصعود التقني الصيني وانعكاساتها على التنافس بين القوى الكبرى وعلى مستقبل النظام الدولي .

تبعاً لذلك تقوم المنهجية على ثلاث حلقات مترابطة والمتمثلة في تفسير التحول في مفهوم القوة ، ومن ثم تحليل الحالة الصينية ، واخيرا استشراف انعكاسات هذا التحول على النظام السياسي الدولي ، بما يسمح بالانتقال من الوصف الى التفسير ومن تحليل الواقع الى استشراف المستقبل .

خامسا : هيكلية الدراسة

تم تقسيم الدراسة الى ثلاثة مباحث مترابطة ، صممت بحيث تنتقل من المستوى النظري والمفاهيمي الى المستوى التطبيقي والاستراتيجي ، ثم الى المستوى الدولي والاستشرافي ، وقد اختص المبحث الاول بالذكاء الاصطناعي وتحولات مفهوم القوة الدولية ، في حين تناول المبحث الثاني الصين والذكاء الاصطناعي نحو قوة تقنية صاعدة ، في حين تناول المبحث الثالث مستقبل الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية ، فضلا عن المقدمة والخاتمة .

المبحث الاول : الذكاء الاصطناعي وتحولات مفهوم القوة الدولية

مما لا شك فيه ، بان انظمة الذكاء الاصطناعي التوليدية يمكنها ان تكتب بالفعل بشكل اكثر وضوحا واقناعا من معظم البشر ، ويمكنها انتاج صور اصلية وفنون وحتى اكواد حاسوبية بناءا على مطالبات لغوية بسيطة ، وتدير انظمة الذكاء الاصطناعي المستشفيات ، وتشغل شركات الطيران ، وتتقاتل فيما بينها في قاعة المحكمة ، كما ارتفعت الانتاجية الى مستويات غير مسبوقة ، كما توسعت اعداد لا حصر لها من الشركات التي لم يكن من الممكن تصورها في السابق بسرعة مذهلة ، الامر الذي ادى الى توليد تقدم هائل في الرفاهية ، فقد اصبحت تصل المنتجات والعلاجات والابتكارات الجديدة الى السوق بشكل يومي ، مع انطلاق العلوم والتكنولوجيا بشكل متزايد ، ومع ذلك اصبح العالم اكثر هشاشة وتقلبا ، حيث يجد الارهابيون طرقا جديدة لتهديد المجتمعات بأسلحة سيبرانية ذكية ومتطورة ، ويفقد الموظفون وظائفهم بشكل جماعي ، والذكاء الاصطناعي التوليدي ليس سوى قمة جبل الجليد ، ويمثل وصولها لحظة الانفجار الكبير، وبداية ثورة تقنية ستعمل على تغيير العالم كما انها ستعيد تشكيل السياسة والاقتصاد والقانون وكافة المجتمعات الانسانية .

وكما هو الحال مع الموجات التقنية السابقة ، فان الذكاء الاصطناعي سوف يقرن النمو الاستثنائي والفرص مع الاختلالات والمخاطر الهائلة ، ولكن على النقيض من الموجات السابقة ، فانها ستؤدي كذلك إلى تحول زلزالي في بنية وتوازن القوى الدولية لانها تهدد مكانة الدول القومية باعتبارها الجهات الفاعلة الجيوسياسية الاساسية في العالم ، وسواء اعترفوا بذلك ام لا ، فان مبدعي الذكاء الاصطناعي هم انفسهم جهات فاعلة جيوسياسية ، كما ان سيادتهم على الذكاء الاصطناعي تعمل على ترسيخ النظام (التقني القطبي الناشئ) وهو النظام الذي تمارس فيه

شركات التكنولوجيا ذلك النوع من القوة في مجالاتها التي كانت مخصصة للدول القومية ذات يوم ، وعلى مدى العقد الماضي ، أصبحت الشركات التكنولوجية الكبرى فعليا جهات فاعلة مستقلة وذات سيادة في المجالات الرقمية التي أنشأتها، حيث يعمل الذكاء الاصطناعي على تسريع هذا الاتجاه وتوسيع نطاقه الى ما هو ابعد من العالم الرقمي ، اذ ان التعقيد الذي تتسم به هذه التقنية وسرعة تقدمها من شأنها ان تجعل من المستحيل تقريبا ان تتمكن الحكومات من وضع القواعد ذات الصلة بوتيرة معقولة ، اذا لم تلحق الحكومات بالركب قريبا ، فمن المحتمل انها لن تفعل ذلك ابدا ¹).

تأسيسا على ما تقدم ، سنعمد الى دراسة الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية من خلال المطالب الآتية :

المطلب الاول : الذكاء الاصطناعي وتغير مصادر القوة الدولية

من الموكد ان المزايا التي يجلبها الذكاء الاصطناعي الى ساحة المعركة لا يمكن انكارها ، اذ ان الذكاء الاصطناعي لا يحمي الجنود ويقلل من أوجه القصور فحسب ، بل يزيد ايضا من فرص النصر من خلال ميزة القرار ، مما يتيح اتخاذ قرار سريع ودقيق ، وكما قال الرئيس الروسي (فلاديمير بوتين) ذات مرة ، (الذكاء الاصطناعي هو المستقبل ، كل من يصبح قائدا في هذا المجال سيصبح حاكم العالم) ، ان التفوق في الذكاء الاصطناعي هو المرادف للقوة الوطنية ، وانعكاسا لذلك اعلنت الصين عن خطة طموحة من خلال خطتها الوطنية للجيل الجديد من الذكاء الاصطناعي لوضع نفسها كقوة رائدة عالميا في مجال الذكاء الاصطناعي بحلول عام 2025 ، لقد اثارت هذه الخطوة الجريئة مخاوف مفهومة في واشنطن ، وردا على ذلك خصصت وزارة الدفاع الأمريكية حوالي (1.8) مليار دولار في ميزانيتها للسنة المالية 2025 لمبادرات الذكاء الاصطناعي فقط ²).

1. Ian Bremmer and Mustafa Suleyman , The AI Power Paradox , foreign affairs , 16 August 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/world/artificial-intelligence-power-paradox#> , Date of visit : 1/8/2026 .

2. Mathew Jie Sheng Yeo and Hyeyoon Jeong , Navigating AI Competition: The Case for Human-Centric Approaches in China-US AI Dialogues , the diplomat , 31 August 2024 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2024/08/navigating-ai-competition->

في اجتماع محوري في جنيف في 14 حزيران عام 2024 ، اجتمع المبعوثون الصينيون والامريكيون لاجراء اول حوار ثنائي رسمي حول الذكاء الاصطناعي ، وهو نتيجة ثانوية لاجتماع قمة وودسايد في عام 2023 ، بين الرئيس الصيني (شي جين بينغ) والرئيس الأمريكي (جو بايدن) في كاليفورنيا ، في حين ان التفاصيل الكاملة لهذه المحادثات المغلقة لا تزال غير معلنة ، تشير البيانات الاولى الى ان بكين اعربت عن احباطها من ضوابط ادارة بايدين على تصدير رقائق الكمبيوتر المتقدمة واشباه الموصلات ، مما قد يعيق قدرة الصين على التقدم في تطوير الذكاء الاصطناعي ، على العكس من ذلك فان الولايات المتحدة الامريكية ، اعربت عن مخاوفه بشأن احتمال اساءة استخدام الصين للذكاء الاصطناعي والحاجة الى تدابير السلامة ، وهو ما يبرر جزئيا قيود التصدير التي تفرضها واشنطن ، من بين جميع اللاعبين الرئيسيين المشاركين في سباق الذكاء الاصطناعي، فان موقف الصين من معالجة مخاطر الذكاء الاصطناعي هو الاقل وضوحا ، على سبيل المثال تعهدت الولايات المتحدة علنا بالحفاظ على السيطرة البشرية على الاسلحة النووية ، بينما ظلت الصين صامته بشأن هذه القضية ، في نفس يوم محادثات الذكاء الاصطناعي في جنيف ، كشف بايدين عن زيادات حادة في الرسوم الجمركية على مجموعة من الواردات الصينية ، بما في ذلك بطاريات السيارات الكهربائية والخلايا الشمسية والمنتجات الطبية والتي ابرزها زيادة رسوم المركبات الكهربائية اربع مرات الى اكثر من 100 في المائة ، وتشير مبادرات الصين الرئيسية الاخيرة التي تعزز الاستدامة إلى ان هذه الواجبات مدفوعة باعتبارات جيوسياسية اوسع (3).

وفي الحقيقة تعد الصين قوة التصنيع في العالم ، متقدمة جدا على اي بلد من حيث استخدام الذكاء الاصطناعي في التصنيع ، حيث تدير شركة (شاومي) الصينية متعددة الجنسيات مصانع مظلمة مؤتمتة بالكامل مع الذكاء الاصطناعي والبيانات الضخمة وانترنت الاشياء ، مما يمكنها من انتاج هاتف ذكي واحد في الثانية وهو معدل يتجاوز انتاج شركة (أبل) وقد خفضت هذه الاتمته التكاليف

the-case-for-human-centric-approaches-in-china-us-ai-dialogues/ , Date of visit : 9/7/2026 .

3. Nick Corvino and Nico Han , Striking a Balance: China's AI Ambitions and the Quest for Safety , the diplomat , 25 May 2024 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2024/05/striking-a-balance-chinas-ai-ambitions-and-the-quest-for-safety/> , Date of visit : 22/2/2026 .

بشكل كبير عن طريق خفض استخدام القوى العاملة والطاقة ، ونتيجة لذلك تجاوزت شياومي مؤخرا شركة آبل لتصبح ثاني اكبر بائع للهواتف الذكية في العالم ، وذلك بفضل حصتها السوقية المتزايدة في الهند ودول الجنوب العالمية الاخرى ، نجاح شياومي ليس حالة معزولة ، ففي الواقع تتسابق العديد من الشركات الصينية لتبني الذكاء الاصطناعي في التصنيع للبقاء في المقدمة في المنافسة العالمية ، ونتيجة لذلك حققت الصين مؤخرا نتائج ملحوظة حيث تجاوزت (بي واي دي) شركة (تسلا) في انتاج السيارات الكهربائية ومبيعاتها ، في حين تفوقت (بايدو 9 على (وايمو) الشركة الرائدة في مجال التكنولوجيا ذاتية القيادة في العالم ، على الرغم من دخولها السوق في وقت لاحق ، نشرت الصين الذكاء الاصطناعي بقوة عبر مصانعها ، واعتبارا من شباط عام 2025 ، قامت ببناء (30000) مصنع ذكي تم تصنيف 1200 منها على أنها مستوى متقدم و 230 على أنها مستوى التميز ، في عهد (شي جين بينغ) اصبحت الصين تنظر الى الذكاء الاصطناعي على انه وسيلة رئيسة لتحقيق طموحها في ان تصبح قوة عظمى عالمية عالية التقنية مع الحفاظ على هيمنة التصنيع ، هذه الرؤية لها بعدان رئيسيان يتمثل الاول في تجاوز منافستها الاساسية الولايات المتحدة ، في سباق صناعات التكنولوجيا الفائقة من خلال ترسيخ التفوق التكنولوجي ، لا سيما في التصنيع القائم على الذكاء الاصطناعي ، والثاني هو وقف الاتجاه الاخير لنقل التصنيع من الصين الى دول مثل الهند وتلك الموجودة في جنوب شرق آسيا ، والتي ظهرت كبداية تنافسية بسبب تكاليف العمالة الأرخص ، ومع انخفاض عدد السكان في سن العمل وارتفاع تكاليف العمالة ، ينظر القادة الصينيون الى الذكاء الاصطناعي كأداة استراتيجية للحفاظ على الإنتاجية والمرونة الصناعية ن وقد دفعت هذه الرؤية التحول من (صنع في الصين) الى (صنع بذكاء في الصين) ، مؤكدة على دور الذكاء الاصطناعي في تطوير قدرات التصنيع في البلاد ، في اطار مفهوم القوى الانتاجية الجديدة ذات الجودة ، يعد التصنيع القائم على الذكاء الاصطناعي امرا اساسيا لطموح الصين للحفاظ على هيمنتها في الانتاج العالمي وتأكيد الريادة في المشهد التكنولوجي الناشئ⁴ .

4. Rajiv Kumar , The Rise of AI Manufacturing in China and South Korea , the diplomat , 23 May 2025 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2025/05/the-rise-of-ai-manufacturing-in-china-and-south-korea/> , Date of visit : 9/7/2026 .

كما تتمتع شركات التكنولوجيا الكبرى في الصين بموقع فريد للاستفادة من التحول إلى تطبيقات الذكاء الاصطناعي في العالم الحقيقي ، ان الاختراق الكبير في الذكاء الاصطناعي في الصين يشير إلى عصر جديد من الابتكار التكنولوجي ، وسط مناقشات حول التعددية الأقطاب في مؤتمر ميونخ للأمن في شباط عام 2025 ، والدعوات للتعاون في سلامة الذكاء الاصطناعي من قبل قادة الصين في قمة باريس للذكاء الاصطناعي ، شهدت شركات التكنولوجيا والمستثمرون في الصين تطورات واعدة في الابتكار في الذكاء الاصطناعي. محليا، مع ندوة شي مع كبار قادة التكنولوجيا في الصين ، وعلى الصعيد الدولي تتخذ القيادة العليا في الصين موقفا يتبنى الذكاء الاصطناعي وتطوير التكنولوجيا وهم منفتحون على التعاون العالمي ، واستشهد وزير الخارجية الصيني وانغ يي باستعارة من رواية (جين يونغ) في الفنون القتالية (سيف السماء وسيف التنين) حيث قال (دع الأقوياء يفعلون ما يشاؤون ، سنظل هادئين كما تلامس النسيم اللطيف التلال ، دع المخاوف تتصرف كما تشاء ، اننا نحافظ على توازننا بينما يضيء القمر الساطع النهر) ، تسلط هذه الخطابات الضوء على صمود الصين غير التصادية ورفضها للانزعاج بالضغط الخارجية بينما تدعو الى الاحترام المتبادل والتعاون المربح للجميع ، في النهاية هذا يعني بان الصين ستواصل التركيز على نموها لكنها ستفضل التعاون على المواجهة ، تأتي هذه الإشارة من بكين في لحظة محورية في مشهد الذكاء الاصطناعي العالمي لاسيما بعد انجاز ديبسيك الذي يمثل اختراقا في الابتكار العالمي للذكاء الاصطناعي. كحل مفتوح المصدر، تم اعتماده من قبل عمالقة التكنولوجيا الصينيين بما في ذلك (ByteDance و Huawei و Alibaba) ، تعتمد رؤية (مارك زوكربيرج) لمساعد الذكاء الاصطناعي 1 مليار مستخدم ، بشكل كبير على النظام البيئي الواسع للبيانات في ميتا ، ومع ذلك فإن عمالقة التطبيقات الفائقة في الصين (1.3 مليار مستخدم نشط شهريا في ویشات) ، وبيتدانس (800 مليون مستخدم نشط يوميا) ، وعلي بابا (900 مليون مستخدم نشط شهريا) boast يتباهون بتكامل أعمق في الحياة اليومية ، ان تنوع هذه المنصات قد مكنت الصين من احتلال وضع فريد لتضمين الذكاء الاصطناعي في نقاط اتصال متنوعة للمستهلكين ، يعكس هذا النهج تطور عصر الانترنت في الصين ، حيث خلقت البنية التحتية فائقة التطبيق تجارب مستخدم سلسة من خلال دمج خدمات متعددة في منصة واحدة ، وبالمثل تتطور

تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الصين لتشعر بأنها أكثر تخصيصاً ولا غنى عنها للحياة اليومية⁵⁾.

بالمقابل ، تقول الولايات المتحدة ان لديها مصلحة امنية قومية حاسمة في منع الجيش الصيني من الوصول إلى أحدث تقنيات الذكاء الاصطناعي ، حيث قالت وزيرة التجارة (جينا ريموندو) في إعلانها عن قيود جديدة على تصدير التكنولوجيا ذات الصلة إلى الصين ، (ان الذكاء الاصطناعي ربما هو المثال الأكثر وضوحاً على نوع التكنولوجيا التحويلية التي يجب علينا تقييمها والسيطرة عليها ، صحيح ان الذكاء الاصطناعي لديه القدرة على تحقيق فوائد اجتماعية هائلة ، لكنها ايضا يمكن ان تسبب ضرراً هائلاً وعميقاً اذا كانت في الايدي الخطأ وفي الجيوش الخطأ) ، وفي الواقع تعد ضوابط التصدير من اهم القضايا في العلاقات بين الصين والولايات المتحدة التي طالبت مراراً بالغاءها ، لكن في الوقت الحالي هذا التعارض المباشر في المصالح لا يمنع الانخراط في القضية الكبرى لتنظيم الذكاء الاصطناعي⁶⁾.

ولاهمية الذكاء الاصطناعي باعتباره مصدراً من مصادر القوة الدولية ، فقد شرعت الدول المختلفة في تبني الذكاء الاصطناعي ، فقد ذهبت كوريا الجنوبية الى ابعد من ذلك في اضافة الطابع الرسمي على نهجها ، دخل القانون الإطاري لتطوير الذكاء الاصطناعي المعروف باسم القانون الاساسي للذكاء الاصطناعي ، حيز التنفيذ في 22 كانون الثاني عام 2026 ، مما جعل كوريا الجنوبية اول دولة لديها قانون شامل للذكاء الاصطناعي يجمع بين الحوكمة والسياسة الصناعية وإدارة المخاطر في قانون واحد . كما ضاعفت الميزانية الوطنية لعام 2026 الانفاق على الذكاء الاصطناعي ثلاث مرات إلى 10.1 تريليون وون (حوالي 6.94 مليار دولار) ، وتعهد الرئيس (لي جاي ميونغ) بجعل كوريا الجنوبية قوة (مجموعة الذكاء الاصطناعي 3) بحلول عام 2030 ، كما اعلن (جنسن هوانغ) من نفيديا في عام 2025 بأنه سيتم نشر

5. Grace Shao , China's AI Breakthrough Signals a New Era of Tech Innovation , the diplomat , 22 February 2025 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/02/chinas-ai-breakthrough-signals-a-new-era-of-tech-innovation/> , Date of visit : 9/7/2026 .

6. Shannon Tiezzi , China Renews Its Pitch on AI Governance at World Internet Conference , the diplomat , 9 November 2023 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2023/11/china-renews-its-pitch-on-ai-governance-at-world-internet-conference/> , Date of visit : 9/7/2026 .

260.000 وحدة معالجة رسومات بلاكويل عبر سامسونج وإس كيه وهيونداي ونافر والبنية التحتية الحكومية ، لقد اختارت كوريا الجنوبية مساراً يعترف به الاتحاد الأوروبي (ينظمه أولاً) ، لكنها تقرنه بنشر رأس المال الذي لم يضاهيه الاتحاد الأوروبي .

كما تقدم اليابان التباين الأكثر إثارة للاهتمام ، حيث بلغ استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي بين الجمهور الياباني 26.7 في المائة في عام 2024 ، مقارنة بـ 68.8 في المائة في الولايات المتحدة و 81.2 في المائة في الصين ، وفقاً للكتاب الأبيض الصادر عن وزارة الشؤون الداخلية والاتصالات لعام 2025 ، ذكرت صحيفة جابان تايمز في أن مسودة برنامج الذكاء الاصطناعي الأساسي في طوكيو تستهدف معدل استخدام عام بنسبة 50 في المائة ، وفي النهاية 80 في المائة ، إلى جانب ما يقرب من 1 تريليون ين (حوالي 6.4 مليار دولار) في استثمارات البحث والتطوير الخاصة ، كما إن تي تي وحدها تلتزم بمبلغ 59 مليار دولار حتى عام 2027 ، وقد ربطت سوفت بنك نفسها بمشروع ستارغيت من أوبيناي بأكثر من 40 مليار دولار .

أما الهند فأنها تدير مساحة مختلفة للذكاء الاصطناعي ، التي تمت الموافقة عليها في آذار عام 2024 بنفقات تزيد عن 103.7 مليون روبية (1.24 مليار دولار) ، حيث نشرت بالفعل أكثر من 38000 وحدة معالجة رسومات (بما في ذلك 1050 وحدة معالجة رسومات جوجل تريليوم) ، وهو ما يزيد كثيراً عن الهدف الأولي البالغ 10000 ، كما يمكن للشركات الناشئة والأكاديميين الوصول إلى حساب فئة إتش 100 بسعر 65 روبية (حوالي 0.72 دولار) في الساعة ، وهو أرخص سعر مدعوم في العالم ⁽⁷⁾ .

المطلب الثاني : الذكاء الاصطناعي والتنافس بين القوى الكبرى

إن المنافسة بين الولايات المتحدة الأمريكية والصين في مجال الذكاء الاصطناعي ليست لعبة محصلتها صفر ، بل هي عملية تنافس متعدد الأوجه ومعقدة ، تشكلها العديد من العوامل مثل الاعتبارات الجيوسياسية ، والوصول إلى البيانات ، والمواهب ، والبيئات التنظيمية ، والبنية التحتية التقنية ، لقد دفعت المنافسة بين بكين وواشنطن في مجال الذكاء الاصطناعي إلى تطوير

7. Mark Esposito and Bruno S. Sergi, Asia Is Sprinting on AI. Europe Is Still Tying Its Laces, the diplomat, 18 June 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/06/asia-is-sprinting-on-ai-europe-is-still-tying-its-laces/> , Date of visit: 11/7/2026.

تقنيات الذكاء الاصطناعي نحو مسابقة أكثر تنوعاً وتميزاً ، حيث يجسد تطوير نماذج الذكاء الاصطناعي الكبيرة الطبيعة المتطورة لهذه المنافسة ، على سبيل المثال تم تصميم (أوبيني غت-4.5) خصيصاً للمهام المعقدة وعالية الأداء ، والمتفوقين في توليد النص معقدة وفهم من خلال الموارد الحسابية الضخمة ، إذ يسمح هذا التخصص لها بالتعامل مع المهام التي تتطلب فهماً عميقاً للغة والسياق والفروق الدقيقة ، ومن ناحية أخرى (ديمايند إدراك) يأخذ نهجاً مختلفاً ، وتقدم متغير محول التي يمكن معالجة البيانات متعددة الوسائط ، مثل الصور والأصوات والفيديو مما يجعلها تنوعاً عبر مجموعة متنوعة من أنواع المدخلات.

وفي الواقع أدت منافسة تطوير نموذج الذكاء الاصطناعي بين البلدين إلى استكشاف أبنية متنوعة محسنة لحالات الاستخدام المتميزة ، بدلاً من مجرد دفع الحدود الحسابية ، تسلط المناهج الوطنية المتناقضة الضوء على الطبيعة الديناميكية والمتطورة لأبحاث الذكاء الاصطناعي ، حيث تظهر الأساليب والتطبيقات المبتكرة ، الأمر الذي يشير إلى أن مستقبل الذكاء الاصطناعي سيتم تحديده من خلال العديد من الأنظمة المتخصصة والقابلة للتكيف ، وليس بنية مهيمنة واحدة ، لقد أصبح المشهد التقني لنماذج الذكاء الاصطناعي الكبيرة متنوعاً بشكل متزايد ، مما يجعل من غير العملي إجراء مقارنات تستند فقط إلى منظور أحادي البعد ، حيث يشمل نموذج الذكاء الاصطناعي مجموعة متنوعة من المجالات ، مثل الذكاء الاصطناعي التوليدي ، والتعلم الآلي ، والتعلم العميق ، ورؤية الكمبيوتر ، ونماذج الذكاء الاصطناعي الهجينة ، كل منها يستخدم أطراً معمارية مختلفة ، في حين أن معظم نماذج الذكاء الاصطناعي التوليدية الرائدة في الولايات المتحدة ، مثل (تشاتغبت-أو 3) و(غروك-3) ، تعتمد على أبنية المحولات ، فإن هذا لا يعني بالضرورة أن هذه النماذج ستستمر في السيطرة على مستقبل تطوير الذكاء الاصطناعي ، يوضح التطور السريع لتقنيات الذكاء الاصطناعي ، إلى جانب الطلبات المتغيرة عبر مختلف القطاعات ، بأن القيادة التكنولوجية لا يمكن تحديدها فقط من خلال التفوق الحالي لأي بنية واحدة ، عوضاً عن ذلك ، سيتم تشكيل مستقبل الذكاء الاصطناعي من خلال مجموعة من النماذج المتخصصة التي تتناول كل منها المهام والمتطلبات الفريدة (8).

8. Dingding Chen, Yingfan Chen, and Runyu Huang , The AI Superpower Rivalry: A Zero-sum Game Between China and the United States?, the diplomat, 21 March 2025,

تمتلك الولايات المتحدة نظاما بذكاء اصطناعيا متطورا ، ونماذج الحدود الأكثر تقدما في العالم ، ومستودعات بيانات عميقة ، ومع ذلك فان نظرائهم على الساحة العالمية يلحقون بها بسرعة ، الصين على وجه الخصوص تسعى بقوة نحو استراتيجية تجمع بين الكتلة الصناعية وتقنيات الذكاء الاصطناعي لبناء ما أسموه (عقول القيادة) التي يمكنها تنسيق الاسراب الذاتية وتحسين خطط القتال بسرعة الآلة ، المقياس المحدد لهذا السباق هو السرعة في اتخاذ القرار ، ان الدولة التي تدمج الأنظمة الوكالية بالكامل في بنية القيادة والسيطرة ستكون قادرة على الملاحظة ، والتوجيه ، واتخاذ القرار، والتصرف اسرع مما يستطيع خصمه معالجته ، يشمل ذلك ضرورة تحديث تدريبنا ومبدئنا حول كيفية دمج هذه التقنيات ، كما تهيمن الولايات المتحدة على التقنية الاساسية ، وبشكل خاص في تطوير النماذج الحدودية والهندسة المعقدة المطلوبة لمواءمتها ، تنبع ميزة امريكا من قطاع خاص لامركزي وتنافسي بشدة يبتكر اسرع من اي جهاز تديره الدولة ، لقد أدرك البنتاغون والإدارة أهمية الترويج لتقنية الولايات المتحدة عالميا .

اما الصين ، فهي رائدة في التبني السريع والاندماج بين المدنيين والجيش مشروعا منفصلا ، نجاحهم لا يكمن بالضرورة في بنية النموذج نفسها ، بل في استعدادهم لإغراق المنطقة بالتطبيقات ، على وجه التحديد تقوم الصين بإيفاد اجهزة مستقلة بقوة ، اذ انهم يربطون الذكاء الاصطناعي بالانتاج الضخم لإنشاء اسراب من الطائرات بدون طيار ومفاهيم (طيار الجناح المخلص) التي تهدف إلى تتبع اجهزة الاستشعار الامريكية ، تشمل محفظتهم مئات الأسراب القوية من الطائرات بدون طيار التي تطلق من الشاحنات لسيناريوها ت تاويان ، ومرافقات طيار الجناح المخلصين ، وحاملات الطائرات بدون طيار التجريبية ، والسفن السطحية وغير المأهولة المدججة بالسلاح والسفن تحت الماء ، على ان التحول الأكثر عمقا يتعلق الأمر بالتخطيط ، يمكن أن تستغرق دورات التخطيط العسكري التقليدية شهورا ، حيث يتم تصميم الانظمة الآلية لإنشاء مسارات العمل والتحقق منها في دقائق ، تهدف عوامل الاقتران مع المحاكاة القائمة على الفيزياء إلى منح

القادة القدرة على تشغيل الآلاف من سيناريوهات "ماذا لو" قبل أن يتحرك العدو ، يجب ان تكون الأولوية العاجلة هي تطوير النماذج الأولية بالكامل ونقلها بسرعة إلى برامج دائمة للتسجيل (9). وفي الواقع ، تشير التطورات الأخيرة إلى ان هذه الطموحات لم تعد قابلة للتجاهل ، بعد اختراقات سابقة مثل DeepSeek والتقدم السريع و جاء (Qwen) و (Zhipu) و (علي بابا) ، يظهر ان الصين تقلص الفجوة مع النماذج الامريكية الرائدة مثل (ChatGPT و Claude و Grok) ، وقد قدر معهد امن الذكاء الاصطناعي البريطاني ان تأخر الصين عن الولايات المتحدة في نماذج الحدود قد تقلص من حوالي تسعة اشهر الى اربعة او خمسة اشهر فقط خلال اكثر من عام بقليل ، لكن المنافسة الحاسمة لا تتعلق فقط بإنتاج نموذج الذكاء الاصطناعي الأكثر قدرة في العالم ، وانما يتعلق الامر بتحديد ما اذا كانت العشرات من الاقتصادات الناشئة تبني بنيتها التحتية الرقمية المستقبلية حول نظام بيئي شكله الحزب الشيوعي الصيني في نهاية المطاف ، وتقوم استراتيجية بكين على ثلاث ركائز يعزز بعضها بعضا وتتمثا في تشكيل المعايير الدولية ، والسيطرة على الابتكار المحلي ، والتوسع عالميا ، واذا ما تمت متابعته بنجاح وتركه بلا منازع الى حد كبير ، فان هذا النهج

لن يعزز فقط رؤية شي المتمثلة في التجديد الوطني ولكن ايضا طموح الصين على المدى الطويل لتصبح القوة المهيمنة في آسيا من خلال القيادة التكنولوجية المدعومة بالذكاء الاصطناعي (10). وليس من المستغرب ان ترحب العديد من البلدان النامية بالمبادرة الصينية للذكاء الاصطناعي على الرغم من آثارها الاستراتيجية ، على سبيل المثال تسعى اندونيسيا تقليديا الى البقاء غير منحازة في المنافسة التكنولوجية بين الولايات المتحدة والصين ، ومع ذلك ايدت جاكارتا بسرعة مبادرة بكين الجديدة للذكاء الاصطناعي الشركات الصينية بما في ذلك علي بابا و JD.com استثمرت بالفعل بكثافة في اكبر منصات التجارة الالكترونية في اندونيسيا ، مما ادى الى تعميق التكامل

9. Mercy A. Kuo, The Military Dimension of the China-US AI Race, the diplomat, 29 January 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/01/the-military-dimension-of-the-china-us-ai-race/> , Date of visit: 9/7/2026.

10. Patrick M. Cronin and Pinshan La, How the US Can Counter China's Emerging Tech Trap, the diplomat, 30 July 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/how-the-us-can-counter-chinas-emerging-tech-trap/> , Date of visit: 9/8/2026.

التجاري والاعتماد التكنولوجي ، كما يوفر موقع هواوي المهيمن في البنية التحتية لشبكة 5 جي في إندونيسيا والكثير من العالم النامي اساسا يمكن بكين من بناء خدمات الذكاء الاصطناعي ومؤسسات الحوكمة .

على عكس الصين التي تتمتع ببنية تحتية متطورة جيدا للذكاء الاصطناعي واستثماراتها الوفيرة ، فان الجنوب العالمي لديه قدرة محدودة على الطلب ، إذا كانت الصين تأمل في النهاية في تصدير رقائقتها، فعليها اولا التأكد من ان متلقيها يمتلكون البنية التحتية والقدرة اللازمة لاستخدامها بشكل فعال ، وبالتالي قد تميل الصين اكثر للتركيز على البنية التحتية والتدريب والبيانات لمساعدة الجنوب العالمي على بناء الأساس لتطوير الذكاء الاصطناعي ، كما سيساعد ذلك في اي توسع مستقبلي لصادرات الرقائق يعزز في نهاية المطاف مكانة الصين في السوق ، غالبا ما قيم المحللون قدرات الصين في أشباه الموصلات من خلال فحص تقدمها في تصنيع رقائق متقدمة ، والتي تعيق بشكل كبير نقص الوصول إلى الآلات والتقنيات المناسبة ، وعلى الرغم من ان شركة تصنيع أشباه الموصلات الدولية (SMIC) تنتج وتبيع بالفعل شرائح 7 نانومتر، وحقت بعض التقدم في تطوير شرائح 5 نانومتر، بيد ان SMIC وشركات أخرى مثل (شاومي) و(لينوفو) تعتمد على التقنيات الاجنبية ، بما في ذلك ادوات البرمجيات و جاءت شركات اتمتة التصميم واتساب الامريكية ، التي لا تزال تمثل (82%) من حاجة سوق الصين ، حيث تمنع ضوابط التصدير الصين من اقتناء احدث معدات الطباعة فوق البنفسجية ، مما يجبرها على استخدام آلات الاشعة فوق البنفسجية العميقة القديمة وطرق اقل كفاءة مثل (النمط المزدوج) التي يمكن ان تزيد تكاليف الانتاج بنسبة تصل إلى (50%) ، كل هذا يشير الى ان الصين يجب ان تقطع مسافة كبيرة للحاق بالغرب في عام 2024 ، افضل الآلات التي يمكن ان تنتجها الصين قادرة فقط على صنع رقائق بعرض 28 نانومتر ، في حين ان منافسيها في الخارج يطورون عقد 2 و 3 نانومتر ،على الرغم من ان هواوي أبلغت عن انجازات في إنتاج أدوات برمجية 14 نانومتر ، إلا أنه لا يزال هناك عدم يقين بشأن صحة هذه الادعاءات ، يعتمد نجاح صادرات الرقائق الصينية على قدرتها ليس فقط على الوفاء ولكن ايضا على توليد الطلب على الرقائق في البلدان التي تسعى إلى دعمها ، وفي الحقيقة لا يقتصر الطلب على الرغبة في امتلاك تقنية معينة فحسب ، بل يتعلق ايضا بقدرة الفرد على الحصول على المنتج ، ان الصين نفسها لديها طلب محلي قوي على

الحوسبة ن حيث تم تسجيل اكثر من 300 نموذج لخدمة الذكاء الاصطناعي التوليدي بالكامل في الصين اعتبارا من عام 2025 ، ويقوم الذكاء الاصطناعي بإنشاء سوق يمكن ان يصل إلى (1.4) تريليون دولار في الصين على مدى السنوات الخمس المقبلة (11).

توفر الخطة الخمسية التي تم تبنيها من قبل الحكومة الصينية (2026-2030) خارطة طريق محدثة لطموحات اشباه الموصلات ورقائق الذكاء الاصطناعي في الصين ، تشمل الاهداف مبيعات اشباه الموصلات التي تتجاوز (2.4) تريليون يوان (حوالي 340 مليار دولار) ، والإنتاج السنوي لحوالي 600 مليار رقاقة ، والقدرة المحلية الكاملة اقل من 22 نانومتر ، والاختراقات في عمليات 3-5 نانومتر و 7-10 نانومتر ، و 50 في المائة من سعة العقدة الناضجة العالمية بحلول عام 2030 ، ان الحكومة الصينية مصممة على التقدم وتسوية جميع العقبات في طريقها ، في قلب سياسة اشباه الموصلات في الصين ، يوجد نظام صناعي هجين يمزج بين الاتجاه الاستراتيجي المركزي والمنافسة اللامركزية في السوق ، تسمى (مدفوعة بالسوق ولكن بقيادة الدولة) ، حيث تعتمد الحكومة تعزيز المنافسة الشديدة بين الشركات وحكومات المقاطعات لتسريع الابتكار وبناء الحجم ، تعمل السلطات المحلية كمستثمرين على غرار رأس المال الاستثماري من خلال صناديق التوجيه ، بينما تراقب السلطات المركزية النتائج وتدمج المتنافسين الناجحين ، في هذه المرحلة من تطوير النظام البيئي لأشباه الموصلات ، تسعى الصين إلى تكرار السمة المميزة لنموذج (بي واي دي) في انشاء نظام بيئي متكامل رأسيا قادر على دعم شبكة واسعة من المقاولين من الباطن المتخصصين ، مع الحفاظ على الابتكار عبر الشبكة بأكملها ، يتطلب ذلك تحقيق استثمارا مركزا من خلال نموذج الشركة المصنعة للأجهزة المتكاملة الزائفة على مستوى البلاد ، بينما شجعت المراحل السابقة اللامركزية ، تؤكد الاستراتيجية الحالية على التعبئة المركزية للموارد الصناعية والابتكارية ، وتكرار تكامل التصميم والتصنيع والتعبئة في ظل منطق ادارة استراتيجية موحد ، بينما تناقش أوروبا (التفضيل الأوروبي) في المشتريات العامة ، جعلت بكين التبني المحلي إلزاميا للبنية التحتية التي تمولها الدولة ، بما في ذلك الحوسبة

11. Ho Ting (Bosco) Hung and Moritz von Knebel , Building the Pipeline: Why China Exports AI Infrastructure, Not Semiconductors , the diplomat , 1 September 2025 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2025/09/building-the-pipeline-why-china-exports-ai-infrastructure-not-semiconductors/> , Date of visit : 10/8/2026 .

السحابية والمدن الذكية ومشاريع الحكومة الرقمية ، وتهدف هذه التدخلات في جانب الطلب إلى التعجيل بالتوحيد الهيكلي ، تم توسيع السياسات التي تم تجربتها لأول مرة في شنغهاي ، والتي تطلبت 50 في المائة من المصادر المحلية على الصعيد الوطني ، مما يضمن سوقاً لشركات مثل هواوي وبيرين تكنولوجي وكامبر ، الاستفادة من الأسواق العامة محلياً والذي يعد امراً أساسياً في ترسيخ مكانة هواوي العالمية في شبكات الاتصالات (12) .

وفي الحقيقة ، يوصف التنافس بين الولايات المتحدة والصين حول الذكاء الاصطناعي وأشباه الموصلات بأنه سباق ، يتضمن خطوة إلى الامام ، وخطة إلى الوراء ، وإعادة معايرة مستمرة ، لعدة سنوات تحركت واشنطن بقوة لتقييد وصول بكين إلى الشرائح المتطورة ، على أمل إبطاء تقدم الصين في الذكاء الاصطناعي والحوسبة عالية الأداء ، ومع ذلك كانت تلك العقوبات تحمل عواقب غير مقصودة فقد اضرت بالشركات الأمريكية ، وسرعت الاعتماد الصيني على الذات ، وشجعت ظهور سلاسل توريد بديلة ، لقد حققت الشركات الصينية بالفعل تقدماً ملحوظاً نحو الاستقلال التقني ، إذ أن بكين أصبحت أكثر حذراً من أي وقت مضى بشأن الاعتماد على أشباه الموصلات الأمريكية ، حيث تراها مصدر خطر على الأمن القومي الصيني ، بينما يظل الطلب قصير الأجل على الشرائح الأمريكية قوياً ، يشير المسار طويل الأمد نحو مستقبل تكنولوجي مجزأ يتمثل في ظهور نظامين ذكاء اصطناعي متوازيين ستجبر الدول والشركات حول العالم على التكيف معهما (13) .

وفي الحقيقة ، فقد أصبح اليسار الأمريكي بالفعل أكثر قلقاً بشأن الذكاء الاصطناعي وأقل ثقة به ، لا سيما فيما يتعلق بالمخاوف البيئية ، وفقاً لاستطلاع أجري في خريف عام 2025 ، فإن المحافظين الشباب أقل معارضة لتحويل السيطرة على عمليات صنع القرار العسكرية والحكومية الأخرى إلى الذكاء الاصطناعي ، ربما ليس من المستغرب إذن أن تتطابق استطلاعات الرأي في

12. Mathieu Duchâtel , Semiconductors: China's Industrial Policy Steamroller in Motion , Not Semiconductors , the diplomat , 19 November 2025 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/11/semiconductors-chinas-industrial-policy-steamroller-in-motion/> , Date of visit : 10/8/2026 .

13. Dingding Chen and Runyu Huang , Is It Too Late for the US to Change Its Chip Strategy Toward China? , the diplomat, 27 August 2025, Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/08/is-it-too-late-for-the-us-to-change-its-chip-strategy-toward-china/> , Date of visit: 8/8/2026.

اعقاب الجدل الانساني مع هذه الاتجاهات ، مما يشير الى ان الامريكيين ينقسمون بالفعل على اسس حزبية فيما يتعلق بشراكات الذكاء الاصطناعي التجارية للجيش الأمريكي ، بعبارة اخرى يمثل الذكاء الاصطناعي خط صدع موجود في السياسة الامريكية ، من خلال ربط سردها المنهي بالاضطراب البشري ، قد يكون هدف الصين هو زيادة الاضطرابات السياسية بقدر ما هو تفويض ابحاث وتطوير الذكاء الاصطناعي الأمريكي ، وفي الواقع تكتسب بكين اليد العليا في كلتا الحالتين اذا تم اقناع صانعي السياسات او المستثمرين بالابتعاد عن البيئة التنظيمية او البحثية المتساهلة التي تتمتع بها صناعة الذكاء الاصطناعي حاليا. مع تباطؤ الأبحاث الأمريكية ، يمثل ذلك فرصة للأبحاث الصينية للحاق بالولايات المتحدة أو حتى تجاوزها (14).

المبحث الثاني : الصين والذكاء الاصطناعي نحو قوة تقنية صاعدة

في العصور السابقة ، كانت التكنولوجيات هي التي شكلت الجغرافيا السياسية من البرونز إلى الفولاذ ، ومن الطاقة البخارية إلى الانشطار النووي وكانت فريدة إلى حد كبير ، وكانت هناك عتبة واضحة للاتقان التكنولوجي ، وبمجرد وصول اي بلد اليها ، أصبحت ساحة التنافس متساوية ، وعلى النقيض من ذلك فان الذكاء الاصطناعي هو توليدي بطبيعته ، ومن خلال تقديم منصة للابتكار العلمي والتكنولوجي المستمر، يمكن ان يؤدي ذلك الى المزيد من الابتكار، وهذه الظاهرة تجعل عصر الذكاء الاصطناعي مختلفا جذريا عن العصر البرونزي أو العصر الفولاذي ، فبدلا من ثروة الموارد الطبيعية او التمكن من تكنولوجيا معينة ، يكمن مصدر قوة اي بلد في المرحلة الراهنة في قدرته على الابداع المستمر.

تمتلك الصين القرات التقنية اللازمة لاقتناص زمام المبادرة في مجال الذكاء الاصطناعي ، كما ان كبار المسؤولين في بكين يعتقدون انها ستفعل ذلك بالتأكيد ، وفي عام 2017، اعلنت بكين عن خطط لتصبح الرائدة عالميا في مجال الذكاء الاصطناعي بحلول عام 2030، وقد تحقق هذا الهدف حتى في وقت أبكر مما كان متوقعا ، لقد حققت الصين بالفعل هدفها المتمثل في ان تصبح الرائدة على مستوى العالم في تكنولوجيا المراقبة القائمة على الذكاء الاصطناعي ، والتي لا

14. Luke M. Herrington, China's 'Terminator' Info Op and the Future of AI, the diplomat, 20 March 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/03/chinas-terminator-info-op-and-the-future-of-ai/> , Date of visit: 8/4/2026.

تستخدمها للسيطرة على المعارضين في الداخل فحسب ، بل تبيعها ايضا للحكومات الحليفة في الخارج ، ولا تزال الصين تحتل مرتبة خلف الولايات المتحدة في جذب أفضل العقول في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث يعمل ما يقرب من 60% من كبار الباحثين في الجامعات الأمريكية لديها ، وبينما كانت واشنطن تعبت ، نجح النظام المركزي في بكين للبحث والتطوير في مجال التكنولوجيا الفائقة ، واستثمر مليارات الدولارات ، ودرب الطلاب ، ودعم شركات التكنولوجيا ، من الممكن تماما تصور مستقبل حيث تهيمن الانظمة المصممة والمصنوعة والمتمركزة في الصين على الاسواق العالمية ، مما يؤدي إلى توسيع نطاق نفوذ بكين وتزويدها بميزة عسكرية على الولايات المتحدة الأمريكية (15).

ان السياسة الدولية للذكاء الاصطناعي لن تخلق سباقا بسيطا على الهيمنة لان هذه التكنولوجيا هي سلاح اقتصادي وعسكري وان البيانات هي ما يخفي الكثير من الفعل الحقيقي ، تبعا لذلك سنعمد الى دراسة دور الصين في مجال الذكاء الاصطناعي وكالاتي :

المطلب الاول : الاستراتيجية الصينية في تطوير الذكاء الاصطناعي

لقد شرعت الحكومة الصينية في اطلاق مجموعة من إطلاق المبادرات العالمية ، وقد اصبحت مبادرة الحزام والطريق ، التي اعلن عنها في 2013 ، الوسيلة الاساسية لبكين لجذب الجنوب العالمي من خلال تمويل البنية التحتية ، وتأمين الوصول إلى الموارد الحيوية ، وتصدير الاتصال بالعمارة الرقمية الصينية ، ومنذ ذلك الحين كشف الرئيس الصيني عن سلسلة من الأطر الطموحة بشكل متزايد كمبادرة التنمية العالمية في عام 2021 ، ومبادرة الأمن العالمي في 2022 ، ومبادرة الحضارة العالمية في 2023 ، ومبادرة الحوكمة العالمية في عام 2025 ، كل من هذه المبادرات يعيد تغليف رؤية بكين للنظام السياسي الدولي ، مع إضافة حزمة اخرى الى هيكل النفوذ الصيني المتوسع ، وفي الواقع تخدم الاستراتيجية الصينية للذكاء الاصطناعي لتحقيق عدة أهداف اساسية في وقت واحد ، وهي تتمثل بتحقيق الاكتفاء الذاتي التكنولوجي المحلي ، ويوسع

15. Eric Schmidt and Yil Bajraktari , America Could Lose the Tech Contest With China , foreign affairs , 8 September 2022 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/united-states/america-losing-its-tech-contest-china> , Date of visit : 22/5/2026 .

حصة السوق العالمية للشركات الصينية ، ويخلق تبعيات طويلة الأمد عبر العالم النامي ، ويعزز النفوذ الجيوسياسي لبكين مقارنة بالولايات المتحدة (16) .

لقى الرئيس الصيني (شي جين بينغ) كلمة افتتاحية في مؤتمر العالم للذكاء الاصطناعي في 17 تموز عام 2026 في شنغهاي ، حيث قال (يجب علينا تعزيز المواءمة والتنسيق بشأن استراتيجيات تطوير الذكاء الاصطناعي وقواعد الحوكمة والمعايير الفنية من أجل تشكيل إطار حوكمة عالمي قائم على الإجماع في وقت مبكر لجعل هذه التكنولوجيا الحدودية تفيد البشرية بشكل أفضل". "يجب علينا تنفيذ تعاون دولي مكثف ومساعدة دول الجنوب العالمية في بناء القدرات لسد الفجوات بين الذكاء الاصطناعي والرقمية ، وتعزيز التنمية المستدامة ، ومنع خلق ظلم تاريخي جديد في الذكاء الاصطناعي) (17) .

تراهن الصين استراتيجيا على ان الذكاء الاصطناعي مفتوح المصدر وليس مغلق المصدر هو الذي سيحدد من سيفوز في سباق التكنولوجيا العالمي ، ان الذكاء الاصطناعي اصبح بسرعة التكنولوجيا الرمزية لعصرنا، مع تداعياته على النمو الاقتصادي ، والقوة العسكرية ، والاكتشافات العلمية ، والامن القومي ، و للحفاظ على تفوقها، ركزت واشنطن على تقييد وصول الصين إلى أشباه الموصلات المتقدمة ، ومع ذلك بينما تكافح الولايات المتحدة للحفاظ على صدارتها في قوة الحوسبة ، تتنافس الصين على شيء لا يقل اهمية وهو التبنّي ، تظهر التجارب التاريخية ان التقنيات التي تصبح معايير عالمية غالبا ما تكون الاسهل في الاستخدام والتعديل والبناء عليها ، لقد اصبح (لينكس) العمود الفقري للانترنت ، في حين يهيمن (أندرويد) على هواتف العالم الذكية ، كلاهما كان برنامجا مفتوح المصدر ، لقد خلقوا الأنظمة بيئية بدلا من العملاء ، تطلق كل من (مونشوت) و(ديبيسك) و (تشيبو) و (علي بابا) بشكل متزايد نماذج ذكاء اصطناعي مفتوحة قوية يمكن لأي شخص يمتلك المهارات التقنية المناسبة تحميلها وتعديلها ونشرها ، كل مطور، وشركة ناشئة ، وجامعة ، وحكومة أجنبية تبني على هذه الأنظمة تصبح جزءا من النظام

16. Patrick M. Cronin and Pinshan La, How the US Can Counter China's Emerging Tech Trap, the diplomat, 30 July 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/how-the-us-can-counter-chinas-emerging-tech-trap/> , Date of visit: 9/8/2026.

17. Bonnie Girard , Xi Jinping's AI Vision , the diplomat , 3 August 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/08/xi-jinpings-ai-vision/> , Date of visit : 9/8/2026 .

التكنولوجي المتوسع في الصين ، وفي الوقت نفسه ، تتحرك شركات الذكاء الاصطناعي الرائدة في الولايات المتحدة في الاتجاه المعاكس ، (اوبن اي) كان ميثاقها الاصلي يركز على الوصول الواسع وضمان ان الذكاء الاصطناعي يعود بالنفع على البشرية جمعاء ، لكنها أصبحت أكثر نماذجها تقدما ملكية خاصة ، ولا يمكن الوصول إليها الا من خلال واجهات مدفوعة وخدمات سحابية ، ان النماذج مفتوحة المصدر أصبحت أكثر كفاءة بسرعة ، فهي تتطلب بشكل متزايد قوة حوسبة أقل وتكلفة أقل للتشغيل ، وهذا يعني حواجز أقل امام الشركات الناشئة والجامعات والمستشفيات والمصنعين، ومشاركة أوسع في جميع أنحاء الاقتصاد ، النماذج مفتوحة المصدر تعزز المنافسة والابتكار، بينما تعيق النماذج المغلقة المصدر ، لقد أدركت الصين أن التأثير العالمي لا يأتي فقط من بناء أفضل الذكاء الاصطناعي ، ولكن من بناء الذكاء الاصطناعي الذي يختار العالم استخدامه (18).

في عام 2023 ، وضعت الحكومة الصينية اول خطة تطوير رسمية للروبوتات البشرية باهداف طموحة من مرحلتين ، تركز المرحلة الاولى على الاختراقات التقنية ، والنشر الصناعي ، وتنمية المؤسسات التنافسية عالميا ، وقد طورت الصين تقنية متقدمة للتحكم في الحركة ، واطلقت (جيو) ، وهي منصة مفتوحة المصدر تدرب أكثر من مائة نوع من انواع الروبوتات بقاعدة بيانات واحدة ، بالإضافة إلى ذلك وفقا لتقرير مورجان ستانلي لعام 2025 ، تمثل الشركات الصينية 35 من أفضل 100 شركة في سلسلة قيمة الروبوتات البشرية وتوسع من 22 شركة قادرة على انتاج روبوتات بشرية متكاملة تماما مقارنة بخمس شركات فقط في الولايات المتحدة ، تهدف المرحلة الثانية الى انشاء سلسلة امداد صناعية آمنة ، ودمج الروبوتات في جميع انحاء الاقتصاد ، وتحقيق الريادة التكنولوجية العالمية ، كما اطلقت الاستراتيجية الوطنية سلسلة من المبادرات الإقليمية ، حيث اصدرت (شنتشن) خطة عمل طموحة لعام 2027 تستهدف أكثر من 100 مليار يوان (13.7 مليار دولار) في الصناعات المتعلقة بالروبوتات مع توسيع مجموعة الاستخبارات المجسدة لتشمل أكثر من 1200 شركة ، كما اطلقت مركز مخصص لتدريب بيانات الروبوتات البشرية مع دعم تمويل المشاريع يصل إلى 24 مليون يوان لكل شركة لمبادرات البحث والتطوير

18. Daniel Bob , America Can't Win the AI Race Behind Closed Doors , the diplomat , 22 July 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/america-cant-win-the-ai-race-behind-closed-doors/> , Date of visit : 9/8/2026 .

المؤهلة ، وفي 19 نيسان 2025 نظمت مكاتب حكومة بلدية بكين ماراثون (بيتشوانغ) وهو ماراثون بين البشر والروبوتات والذي اعتبر علامة فارقة في دفع الصين لتسريع تطوير الروبوتات الشبيهة بالبشر ، شارك في الحدث (1200) عداء بشري إلى جانب 20 فريق روبوت من شركات خاصة ومشاريع مدعومة من الدولة ، بما في ذلك قادة الصناعة (يونيتري وإكس-هيومانويد) بينما كان البشر والروبوتات يتسابقون على مسارات منفصلة ، كانت منصة التتويج تضم المتصدرين في كلا الفئتين ، الامر الذي يرمز إلى طموح بكين لدمج الروبوتات الشبيهة بالبشر في الحياة اليومية (19).

كما تسارعت عمليات الشراء المتعلقة بديبيسك طوال عام 2025 ، وتفضل الجداول الزمنية للعطاءات المضغوطة هيكلية الشركات التي يمكنها التحرك بشكل اسرع ، تمتلك شركات تكنولوجيا المعلومات الخاصة ، ميزة هيكلية في هذا النوع من المنافسة على وجه التحديد ، لقد اظهر الباحثون في جامعة شيان التكنولوجية تلك الامكانات ، فقد قام نظام يعمل بالطاقة العميقة بتقييم 10000 سيناريو في ساحة المعركة في 48 ثانية ، وهي مهمة قدروا انها ستستغرق المخططين العسكريين التقليديين 48 ساعة (20).

المطلب الثاني : توظيف الذكاء الاصطناعي في تعزيز القوة الصينية

يحتل الذكاء الاصطناعي اهمية كبيرة لجيش التحرير الشعبي لانه يوفر فرصة لبكين للتنافس مع واشنطن بشكل متكافئ لتطوير تقنية ناشئة ، تم وصف سياسة الذكاء الاصطناعي في الصين لاول مرة في خطة التنمية للجيل الجديد للذكاء الاصطناعي التي اصدرها مجلس الشعب الدولة في عام 2017 ، حيث اطلقت الخطة على استخدام دمج القطاع العسكري والمدني كاحد المهام الرئيسية لتطوير الذكاء الاصطناعي ، حيث يستخدم الدمج كنهج لتطوير الذكاء الاصطناعي على اساس اعتقاد الصين بانه قادر على تحقيق التفوق التقني لتجاوز الولايات المتحدة الامريكية ، وقد اوضح

19. Leia Wang and Zilan Qian , China's Humanoid Marathon Signals a New Kind of AI Race , the diplomat , 21 April 2025 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/04/chinas-humanoid-marathon-signals-a-new-kind-of-ai-race/> , Date of visit : 5/8/2026 .

20. Charles Sun , The Private Firms Powering China's Military AI Push , the diplomat , 25 March 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/03/the-private-firms-powering-chinas-military-ai-push/> , Date of visit : 5/8/2026 .

(شي جين بينغ) في تقريره المقدم الى المؤتمر التاسع عشر للحزب في عام 2017 ، بانه يجب على جيش التحرير الشعبي تسريع تطوير الذكاء الاصطناعي العسكري ، وتحسين قدرات العمليات المشتركة والقدرات القتالية متعددة المجالات المبنية على انظمة معلومات الشبكات لتحقيق اهداف التنمية العسكرية الصينية ، يعكس هذا التوجه الاستراتيجي عزم الحكومة الصينية على رفع مفهوم الذكاء كدليل لتحديث الجيش الصيني المستقبلي ، وعزز الكتاب الأبيض للدفاع الصادر عام 2019 ، الانتباه إلى المشهد المتغير للحرب الحديثة مشيرا الى ان تطور الحرب في الوقت الحاضر يفتح نحو وضع معلوماتي ، مما يشير إلى ان افق الحرب الذكية اخذة في الارتفاع ، ويعتقد المفكرون العسكريون الصينيون بانه في ظل ظروف الحرب المعلوماتية ، فان السيطرة على نظام مواجهة الانظمة بدلا من الاستنزاف الواسع النطاق لقوات العدو هو العامل الرئيسي في الفوز بالحرب الحديثة ، تبعا لذلك فان الاستراتيجية الرئيسية لجيش التحرير الشعبي لهزيمة الخصم في ساحة المعركة هي خلق اضطراب او شلل في جانب العدو من خلال نظام عمليات الانظمة ، ويعتقد بان الذكاء الاصطناعي يلعب دورا مركزيا في الحرب الذكية لاستهداف وتحطيم العناصر الرئيسية لأنظمة تشغيل الخصم ، و اشار العقيد العسكري الصيني (لي مينغ هاى) من جيش التحرير الشعبى الصينى الى ان الخوارزميات والمنصات غير المأهولة والمجالات المتطرفة هي عوامل ناشئة تساهم في شكل تشكيل حرب ذكية (21) .

لقد شرعت القوات الجوية لجيش التحرير الشعبى في استخدام نظام الذكاء الاصطناعي والذي يضع خططا لعمليات ضربة واسعة النطاق في أوائل أغسطس بمناسبة الذكرى التاسع والتسعين لجيش التحرير الشعبى ، ويوصف النظام بانه يعطي الاولوية للأهداف من مئات الوحدات ، وينسق عشرات التشكيلات ، ويكلف أكثر من 100 وحدة تكتيكية بمهام محددة ، وقد تم استخدامه بالفعل في عدة مهمات ، كما صدرت تعليمات من الرئيس (شي جين بينغ) في أواخر تموز عام 2025 ، بان على جيش التحرير الشعبى تعزيز التطبيق العسكري للتقنيات الذكية بدون طيار وبناء نظام عسكري ذكي تدريجيا ، وبما ان الصين تسعى لتحقيق هذا الهدف منذ سنوات ، فان تصريحات الرئيس الصيني ليست جديدة ، ومع ذلك فإن مستوى التركيز مرتفع لان بكين تريد

21. Yuan-Chou Jing , How Does China Aim to Use AI in Warfare? , the diplomat, 28 December 2021, Available at the link: <https://thediplomat.com/2021/12/how-does-china-aim-to-use-ai-in-warfare/> , Date of visit: 23/4/2026.

تقدما ثابتا نحو أهداف التحديث المحددة لعام 2027 ، الذي يصادف الذكرى المئوية لتأسيس جيش التحرير الشعبي (22).

بالنسبة للمواهب في مجال الذكاء الاصطناعي ، تعد الصين هي الفائزة حسب المقاس البحثية المنشورة ، وعروض المؤتمرات ، وعدد الخريجين ، وترتيب الجامعات ، وعدد براءات الاختراع ، أكثر من ثلث الباحثين الأمريكيين في مجال الذكاء الاصطناعي ينحدرون من الصين ، باختصار السباق على القيادة في الذكاء الاصطناعي هو تعادل مع الزخم لصالح الصين ، ان جميع نقاط القوة والضعف في السياسات الصناعية الصينية المعروضة بما في ذلك الدعم لأبحاث الذكاء الاصطناعي واحتياجاته في التعليم والمواهب ، تشتمل على ستة مجالات رئيسية تحظى باهتمام القيادة الصينية وتتمثل في تعزيز الابتكار، ودمج الذكاء الاصطناعي في الاقتصاد ، والاندماج في المجتمع ، والاندماج بين الجيش والمدني ، وبناء بنية تحتية آمنة للذكاء الاصطناعي ، والتخطيط للجيل القادم من الذكاء الاصطناعي ، اي الذكاء الاصطناعي العام والمشاريع الضخمة المرتبطة به ، كما ان هناك ثلاث نقاط أخرى مقلقة تتمثل في دعم الدولة لقيادة الذكاء الاصطناعي العالمية ، وهو التزام غائب الى حد كبير في الولايات المتحدة الأمريكية ، والدعوة الى دمج الذكاء الاصطناعي البشري والاصطناعي ، الذي يحمل مخاطر خاصة به ، وهدف الصين في تحقيق ميزة المحرك الاول التي قد تكون في سياق الذكاء الاصطناعي لا رجعة فيها ، تحديد المجالات البحثية الثلاثة في الصين التي تؤدي الى الذكاء العام المتقدم (23).

وفي الواقع تسعى الصين للهيمنة في مجال الذكاء الاصطناعي الامر الذي جعل التخطيط الصيني يمتد ايضا الى سلسلة التوريد لجميع أنظمة الذكاء الاصطناعي ، كما يمكن رؤية هذا المفهوم في تطوير قوة الحوسبة اللازمة لتشغيل أنظمة الذكاء الاصطناعي ، وخاصة أشباه الموصلات ، وقد استثمرت الصين بالفعل 21.8 مليار دولار في الصناعة بهدف توسيع جهود انتاج الرقائق ، وبذلك تعتمد الصين لان تصبح أكثر اكتفاء ذاتيا ، الامر الذي سيسمح لها بتصدير أنظمة ذكاء،

22. Grald Mako, China's Military Is Now Using AI to Plan Strike Operations , the diplomat , 7 August 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/08/chinas-military-is-now-using-ai-to-plan-strike-operations/> , Date of visit : 20/8/2026 .

23. Mercy A. Kuo, China's Bid to Lead the World in AI, the diplomat, 6 July 2024, Available at the link: <https://thediplomat.com/2024/07/chinas-bid-to-lead-the-world-in-ai/> , Date of visit: 5/5/2026.

باختصار سيستمر توسع نفوذ الصين داخل مجال الذكاء الاصطناعي ، خاصة مع توسع سوق الذكاء الاصطناعي من حيث الحجم والإيرادات ، لقد بلغ حجم الاستثمار في مجال الذكاء الاصطناعي عام 2022 ، أكثر من 50 مليار دولار ، وقد أدركت العديد من الدول أهمية اعتماد أنظمة الذكاء الاصطناعي لأغراض الأمن القومي داخل بنيتها التحتية الدفاعية (24) .

بحلول عام 2030 ، تتوقع الصين أن يكون الذكاء الاصطناعي محرك نمو أساسي ؛ بحلول عام 2035 ، "اقتصاد ومجتمع ذكيين" كافيين لدعم ما يسميه شي جين بينغ التحديث الاشتراكي. أشار تحليل تريفيوم الصين إلى أنه لا توجد سياسة صينية ، بما في ذلك المبدأ التوجيهي لعام 2025 ، تحدد وحدة قياس لمساهمة الذكاء الاصطناعي في الناتج المحلي الإجمالي ، لكن الإشارة السياسية واضحة: الذكاء الاصطناعي الآن في نفس مستوى مبادرة "الإنترنت بلس" لعام 2015 التي أنتجت ميتوان وديدي والاقتصاد غير النقدي. بكن مستعدة لتشريع تبني الذكاء الاصطناعي ، وليس فقط دعمه.

وفي تطور غير مسبوق ، أعلنت الحكومة الصينية بان تقرير العمل الحكومي لعام 2026 قد وضع هدفا للنمو بين 4.5 إلى 5 بالمئة، مع استهداف أكثر من 12 مليون وظيفة حضرية جديدة ومعدل بطالة حضري تم استطلاعها يبلغ حوالي 5.5 بالمئة ، كما وضع خارطة طريق أوضح لبناء ما يصفه صانعو السياسات بأنه (اقتصاد ذكي) جديد ، من خلال توسيع استخدام الذكاء الاصطناعي عبر الصناعات الرئيسية ، وتسريع تطبيقه التجاري على نطاق واسع ، ودعم نماذج أعمال جديدة مدفوعة بالذكاء الاصطناعي ، وتعزيز حوكمة البيانات والاطر التنظيمية ، وفي الوقت نفسه أكدت القيادة مجددا دفعها نحو ما تسميه قوى إنتاجية عالية الجودة كالنمو المدفوع بالذكاء الاصطناعي ، واشباه الموصلات ، والروبوتات ، والطاقة الخضراء ، وغيرها من القطاعات ذات القيمة الأعلى ، ومع ذلك ومن المثير للاهتمام فقد اشارت سلطات التوظيف

24. Hugh Harsono , China's Surveillance Technology Is Keeping Tabs on Populations Around the World , the diplomat , 18 June 2020 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2020/06/chinas-surveillance-technology-is-keeping-tabs-on-populations-around-the-world/> , Date of visit : 4/7/2026 .

الصينية إلى ان الذكاء الاصطناعي لن يحل فقط بعض العمال بل يمكنه ايضا خلق وظائف جديدة وترقية الوظائف التقليدية (25).

لا تزال الولايات المتحدة تحتفظ بالتفوق في مجال الحوسبة الكمومية ، ومع ذلك على مدى العقد الماضي، استثمرت الصين ما لا يقل عن 10 مليارات دولار في تكنولوجيا الكم ، اي ما يقرب من عشرة اضعاف ما استثمرته حكومة الولايات المتحدة ، حيث تعمل الصين على بناء اجهزة كمبيوتر كمومية قوية للغاية بحيث يمكنها بسهولة فك التشفيرات ، وتستثمر الدولة ايضا بكثافة في الشبكات الكمومية وهي وسيلة لنقل المعلومات على شكل بتات كمومية على امل ان تكون هذه الشبكات منيعة امام المراقبة من قبل وكالات استخبارات أخرى ن والأمر الأكثر إثارة للدهشة هو ان الحكومة الصينية ربما تقوم بالفعل بتخزين الاتصالات المسروقة والمعتزضة بهدف فك تشفيرها بمجرد ان تمتلك القدرة الحاسوبية اللازمة للقيام بذلك، وهي استراتيجية تعرف باسم (الخن الآن، وفك التشفير لاحقاً) عندما تصبح اجهزة الكمبيوتر الكمومية سريعة بما فيه الكفاية، فان جميع الاتصالات المشفرة من خلال اساليب غير كمومية ستكون معرضة لخطر الاعتراض ، مما يزيد من مخاطر تحقيق هذا الاختراق أولا (26).

المبحث الثالث : مستقبل الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية

لم يعد مستغربا بان تستثمر الجيوش في جميع انحاء العالم بكثافة في أبحاث وتطوير الذكاء الاصطناعي ، تمتلك وزارة الدفاع الأمريكية وحدها ما يقرب من 700 مشروع نشط للذكاء الاصطناعي ، ومن بينها برنامج (Scarlet Dragon) التابع للجيش الأمريكي ، والذي يستخدم الذكاء الاصطناعي لتحديد الاهداف في تدريبات بالذخيرة الحية ، وفرقة العمل 59 التابعة للبحرية الأمريكية ، التي تسعى إلى تطوير أنظمة مراقبة مستقلة بالكامل وفعالة من حيث التكلفة ، وتامل القوات الجوية الامريكية بان تصنع يوما ما اسلحة ذكية قادرة على التواصل بشكل مستقل

25. Hannah Ryder and Huiyi Chen , What China's AI Push Can Teach Africa About the Future of Labor , the diplomat , 4 May 2026 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2026/05/what-chinas-ai-push-can-teach-africa-about-the-future-of-labor/> , Date of visit : 4/7/2026 .

26. Eric Schmidt , Innovation Power , foreign affairs , 28 February 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/united-states/eric-schmidt-innovation-power-technology-geopolitics> , Date of visit : 22/5/2026 .

مع بعضها البعض وتبادل المعلومات حول الاهداف المحتملة ، والجيش الأميركي ليس المبتكر الوحيد على هذه الجبهة ففي نيسان عام 2023 ، اجرت أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة تجربة مشتركة تعاونت فيها مجموعة من المركبات الجوية والبرية المدعومة بالذكاء الاصطناعي للكشف عن الأهداف وتتبعها ، كما تستثمر الصين في مجموعة من اجهزة الاستشعار تحت الماء التي تعمل بالذكاء الاصطناعي، والتي يقال إن بعضها قيد الاستخدام بالفعل في بحر الصين الجنوبي ، كما شهدت الحرب في اوكرانيا بعض الاستخدامات الحقيقية الاولى للذكاء الاصطناعي في الصراع المباشر ، حيث استخدمت القوات الاوكرانية واجهة برمجيات الذكاء الاصطناعي التي تعمل على دمج بيانات الاقمار الصناعية التجارية ، والصور الحرارية لنيران المدفعية ، وغيرها من المعلومات الاستخبارية ، ويتم وضع المعلومات على خرائط رقمية يمكن للقادة على الأرض استخدامها لاختيار أهدافهم (27).

من المرجح ان تستمر الجيوش العالمية في مسارها الحالي وتصمم أنظمة مستقبلية بدرجات متزايدة من الاستقلالية ومن المؤكد ان هذا الدفع نحو الاستقلالية المدعومة بالذكاء الاصطناعي سيفتح مزايا استراتيجية وتكتيكية، لكنه سيأتي بتكلفة عالية ، ان القوة الجديدة المميزة للسياسة الدولية هي قوة الابداع وقوة الابتكار كما هي القدرة على اختراع واعتماد وتكييف التكنولوجيات الجديدة ، حيث تعمل أنظمة الأسلحة المتطورة على زيادة القوة العسكرية ، وتوفر المنصات الجديدة والمعايير التي تحكمها النفوذ الاقتصادي ، تعد الصين الدولة التي تضم اكبر مجموعة من مستخدمي الانترنت في العالم واكبر عدد من المتحدثين باللغة الصينية (28).

ان القدرة على الابتكار في مجال الذكاء الاصطناعي بشكل اسرع وافضل تعد الاساس الذي تقوم عليه القوة العسكرية والاقتصادية والثقافية العالمية ، وإعادة تشكيل العالم سوف تحدده نتيجة المنافسة بين القوى العظمى بين الولايات المتحدة والصين ، وعليه سنعمد الى وضع ثلاثة مشاهد مستقبلية لتحولات القوة الدولية في ظل ثورة الذكاء الاصطناعي وكالاتي :

27. Lauren Kahn, Ground Rules for the Age of AI Warfare , foreign affairs , 6 June 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/world/ground-rules-age-ai-warfare> , Date of visit : 1/5/2026 .

28. Sarah Cook , China's Censors Could Shape the Future of AI-Generated Content , the diplomat , 21 February 2023 , Available at the link <https://thediplomat.com/2023/02/chinas-censors-could-shape-the-future-of-ai-generated-content/> , Date of visit : 21/7/2026 .

المشهد الاول : هيمنة تكنولوجيا صينية

يقوم هذا المشهد على افتراض ان نجاح الصين في تطوير منظومتها الوطنية للذكاء الاصطناعي سيؤدي الى تحويل التقنية من مجرد مورد اقتصادي الى مصدر رئيس للقوة الشاملة ن فاذا تمكنت الصين من تحقيق تقدم مستدام في الذكاء الاصطناعي واشباه الموصلات والحوسبة المتقدمة والروبوتات ، وربطت هذه القدرات باقتصادها وصناعاتها الدفاعية ، فانها ستكون قادرة على تحويل التفوق التكنولوجي الى قوة اقتصادية وعسكرية واستراتيجية ، وفي ظل هذا المسار لن يكون صعود الصين قائما على زيادة حجم مواردها المادية فقط ، وانما على تغيير نوعية القوة التي تمتلكها ، اذ ان الذكاء الاصطناعي قد يمنحها قدرة اكبر على تحسين الانتاجية ، وتطوير القدرات العسكرية ، وتعزيز الاستخبارات وصناعة القرار، وتوسيع نفوذها التكنولوجي في الدول الاخرى ، ومن ثم قد يؤدي انتشار التكنولوجيا الصينية الى اعادة توزيع القوة الدولية تدريجيا ، والانتقال من نظام تهيمن فيه قوة واحدة على مصادر التكنولوجيا المتقدمة الى نظام اكثر تعددية تتنافس فيه مراكز قوة تكنولوجية متعددة ، ويتمثل جوهر هذا السيناريو في ان الذكاء الاصطناعي لا يعزز قوة الصين فحسب ، بل قد يصبح احد المحركات البنيوية لصعودها الدولي .

وتاكيدا على ما تقدم ، شرعت الصين في بناء مركز الذكاء الاصطناعي بين الآسيان والصين لزيادة فرص التكامل الاقتصادي و تعزيز الابتكار الصناعي لدول جنوب شرق آسيا مع تقديم الذكاء الاصطناعي الصيني فرصة حقيقية للنمو الاقتصادي الاسيوي ، وقد تم حفل الاطلاق الرسمي في 24 حزيران عام 2026 ، حيث افتتح الامين العام لرابطة أمم جنوب شرق آسيا (كاو كيم هورن) مركز ابتكار صناعة الذكاء الاصطناعي الجديد بين آسيان والصين في بكين ، اذ تم تصميم المركز كمشروع رائد في إطار الشراكة الاستراتيجية الشاملة بين الصين والآسيان 2030-2026 ، لتسهيل البحث المشترك والنشر الصناعي ووضع المعايير وبناء القدرات ، ويحدد المركز اربعة ركائز عمل أساسية والمتمثلة ف تعزيز البحث المشترك ونشر الذكاء الاصطناعي على نطاق صناعي في التصنيع والبنية التحتية الذكية ، انشاء آليات حوار بين التجارة والاستثمار لتوسيع النظام البيئي ، التركيز على التوحيد القياسي ووضع القواعد المشتركة

، ودعم بناء القدرات الاقليمية من خلال مشاريع البنية التحتية الذكية عبر دول آسيان الاعضاء (29)

المشهد الثاني : التوازن التكنولوجي وتعددية مراكز القوة

يقوم هذا المشهد على افتراض عدم قدرة اي دولة على احتكار الذكاء الاصطناعي بصورة كاملة ، نتيجة سرعة التطور التقني وتوزع عناصر القوة المرتبطة به بين عدد من الدول ، فقد تمتلك الصين مزايا في بعض مجالات الذكاء الاصطناعي والتطبيقات الصناعية ، بينما تحتفظ الولايات المتحدة بمزايا في مجالات اخرى ، مع استمرار قدرة الاتحاد الاوروبي واليابان والهند وغيرها على تطوير قدراتها الخاصة ، وفي هذه الحالة يتحول الذكاء الاصطناعي الى مجال جديد للتوازن الدولي ، بحيث لا يؤدي التفوق التقني الى هيمنة طرف واحد ، وانما الى تعدد مراكز القوة التكنولوجية ، وستسعى الدول الى بناء استقلالها التكنولوجي وتقليل اعتمادها على القوى الكبرى ، الامر الذي يعيد صياغة التحالفات الاقتصادية والاستراتيجية ، ويمكن ان يؤدي هذا المشهد الى ظهور نمط من التنافس الدولي لا يقوم بالضرورة على المواجهة المباشرة ، بل على سباق مستمر في الابتكار والبيانات والرقائق والبنية التحتية الرقمية واستقطاب الكفاءات .

وبالفعل اتفق الرئيس الامريكي (دونالد ترامب) مع الرئيس الصيني (شي جين بينغ) في قمة أبيك التي عقدت في مدينة بوسان في كوريا الجنوبية في 30 تشرين الاول عام 2026 ، على وضع ارضية في ظل العلاقات التجارية المتصاعدة بين الصين والولايات المتحدة ، اتفقا ايضا على النظر في التعاون في مجال الذكاء الاصطناعي مع تخطيط ترامب وشي لتبادل الزيارات في عام 2026 ، يتفق الطرفان على ان الذكاء الاصطناعي سيشكل تخطيطهم الامني على المدى القريب ، مما يدفع منافسة شديدة حول الحوسبة والبنية التحتية السحابية ونماذج الذكاء الاصطناعي الرائدة والطاقة اللازمة لدعمها ، تقدم خطة العمل العالمية الجديدة لحوكمة الذكاء الاصطناعي في الصين نفسها كبديل متعدد الأطراف ، حيث تدعم طموح بكين في تشكيل المعايير العالمية وتوسيع نفوذها التكنولوجي من خلال اقتراح إنشاء منظمة دولية جديدة مقرها شنغهاي ، إذا تعاملت واشنطن

29. Gerald Mako , The ASEAN-China AI Center: Innovation Boost or Agentic Disinformation Risk for Southeast Asia? , the diplomat , 3 June 2026 , Available at the link :<https://thediomat.com/2026/06/the-asean-china-ai-center-innovation-boost-or-agentic-disinformation-risk-for-southeast-asia/> , Date of visit : 21/7/2026 .

وبكين مع الذكاء الاصطناعي كمنافسة صفرية ، فقد يفتقدان المساحات الصغيرة ولكن الحاسمة للتعاون في البروتوكولات والتقييمات والتحقق التي يمكن ان تضع (أجندة ذكية) للاستخدام المستقبلي للذكاء الاصطناعي ، ان هذه الخطوات التقنية الهادئة يمكن أن تمنع تقنية قوية من الانزلاق خارج سيطرة أي من الطرفين أو إلى أيدي المجرمين أو الإرهابيين. هذه الخطوات نفسها يمكن أن تكون أيضا أولى الخطوات نحو علاقة أعمق تقلل من المخاطر.

يستبعد التنافس الجيوسياسي القائم بين الدول اتفاقيات الذكاء الاصطناعي الشاملة ، لكن واشنطن يمكنها تثبيت منافسة الذكاء الاصطناعي مع الصين من خلال التعاون الفني لبناء العلوم المشتركة وإجراءات الاختبار والثقة المبكرة التي اعتمد عليها المنافسون السابقون حيث تعد البروتوكولات المشتركة وطرق التقييم وادوات التحقق من بين اكثر نقاط البداية الواعدة والاقبل خطورة للتعاون بين المنافسين الجيوسياسيين في مجال الذكاء الاصطناعي (30).

المشهد الثالث : الاستقطاب التكنولوجي وانقسام النظام الدولي

يقوم هذا المشهد على افتراض تصاعد المنافسة بين الصين والولايات المتحدة بصورة تتجاوز حدود التنافس الاقتصادي والتقني لتتحول الى استقطاب دولي شامل حول الذكاء الاصطناعي ، وفي هذه الحالة قد تنقسم البيئة التكنولوجية العالمية الى منظومات متنافسة ، لكل منها بنيتها التحتية ومعاييرها ومنصاتها وسلاسل توريدها وقواعدها الخاصة ، وقد تستخدم القوى الكبرى الذكاء الاصطناعي في العقوبات الاقتصادية ، والحرب السيبرانية ، والاستخبارات ، والتضليل المعلوماتي ، وتطوير الاسلحة ذاتية التشغيل ، بما يجعل التكنولوجيا جزءا مركزيا من ادوات الصراع الدولي ، وفي ظل هذا المسار لن تكون المعركة حول من يمتلك التقنية فحسب ، بل حول من يمتلك القدرة على وضع القواعد والمعايير التي تحكم مستقبل استخدامها ، ومن ثم قد يصبح الذكاء الاصطناعي عاملا لتسريع الانقسام بين منظومات دولية متنافسة ، بدلا من ان يكون اداة لتعزيز التعاون الدولي ، ويتمثل جوهر هذا المشهد في تحول المنافسة على الذكاء الاصطناعي من سباق تكنولوجي الى صراع على تشكيل النظام الدولي نفسه .

30. Graham Hardig and Eric N. Richardson, How China and the US Can Make AI Safer for Everyone, the diplomat, 7 January 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/01/how-china-and-the-us-can-make-ai-safer-for-everyone/> , Date of visit: 30/7/2026.

دخلت شركات الذكاء الاصطناعي الصينية بالفعل أجزاء من النظام البيئي الرقمي في الولايات المتحدة من خلال نماذج مفتوحة المصدر ومنصات المطورين وتطبيقات المستهلك ، يتم استخدام بعض النماذج الصينية من قبل المطورين خارج الصين ، كما وصلت تطبيقات الذكاء الاصطناعي الصينية في الرفقة الاجتماعية وتوليد الصور وخدمات المستهلك الأخرى إلى المستخدمين في الولايات المتحدة ، من غير المرجح أن تستفيد هذه الشركات من إطار الاختبار الطوعي بنفس الطريقة التي تستفيد بها الشركات الأمريكية. إنهم ليسوا مرشحين طبيعيين لعقود الحكومة الأمريكية. كما أنه من غير المرجح أن تعاملهم واشنطن كشركاء موثوق بهم في الدفاع السيبراني أو البنية التحتية الحيوية ، والنتيجة على المدى الطويل هي نظام عالمي أكثر انقسامًا للذكاء الاصطناعي ، ان المنافسة بين الصين والولايات المتحدة لن تكون فقط حول من يبني أفضل النماذج ، كما سيتعلق الأمر بمن يضع المعايير ، ومن يثق به ، ومن يحصل على إمكانية الوصول إلى الأسواق ، ومن تعامل نماذجه على أنها آمنة للاستخدام في الأنظمة الحيوية ، ان نظام ترامب للذكاء الاصطناعي لا يبطئ من تطور الذكاء الاصطناعي ، وهو محور المرحلة التالية من المنافسة التكنولوجية مع الصين (31).

وعليه نجد بان المشهد الثاني هو الأكثر واقعية ، لان طبيعة الذكاء الاصطناعي وتوزع عناصر التفوق التكنولوجي تجعل من الصعب تصور احتكار دولة واحدة لكل حلقاته ، بينما يبقى احتمال المنافسة الطويلة بين الصين والولايات المتحدة ، مع دخول قوى أخرى، هو المسار الأكثر ترجيحاً.

الخاتمة

لقد بينت دراسة العلاقة بين الذكاء الاصطناعي وتحولات القوة الدولية عن ان النظام السياسي الدولي يقف امام لحظة تتجاوز في دلالاتها مجرد التحول التقني ، لتقترب من اعادة صياغة بعض الاسس التي قامت عليها فكرة القوة ومكانة الدولة ، ان ان التحولات الكبرى في تاريخ النظام الدولي لم تكن نتيجة امتلاك الدول للموارد فحسب ، وانما نتيجة قدرتها على تحويل موارد جديدة

31. Guangyi Pan , Trump's New AI Order Raises the Stakes in China-US Tech Competition , the diplomat , 4 June 2026 , Available at the link : <https://thediplomat.com/2026/06/trumps-new-ai-order-raises-the-stakes-in-china-us-tech-competition/> , Date of visit : 21/7/2026 .

الى مصادر للقوة ، ومن ثم اعادة صياغة قواعد التنافس الدولي على اساسها ، وفي هذا السياق برز الذكاء الاصطناعي باعتباره واحدا من اهم الموارد الجديدة التي يمكن ان تعيد تعريف العلاقة بين المعرفة والقوة في المرحلة الراهنة .

اثبتت الدراسة بان الذكاء الاصطناعي لا يغير فقط الوسائل التي تستخدمها الدول لتحقيق اهدافها بل يمتد ليعيد تشكيل طبيعة هذه الوسائل والادوات ، وسرعة استخدامها وقدرتها على التنبؤ والتأثير في الاحداث الدولية ، واذا كانت القوة الكلاسيكية تقوم بدرجة كبيرة على امتلاك الموارد والسيطرة عليها ، فان القوة في عصر الذكاء الاصطناعي تزداد ارتباطا بالقدرة على انتاج المعرفة ، ومعالجة البيانات ، وتطوير الخوارزميات ، وتحويل المعرفة الى قرار ، والقرار الى فعل ، والفعل الى نفوذ حقيقي ، وبذلك تنتقل القوة من مجرد امتلاك الموارد الى امتلاك القدرة على تحويل المعلومات والمعرفة الى قدرة استراتيجية فعالة ومؤثرة .

وفي الحقيقة ، فان التحول الذي يحدثه الذكاء الاصطناعي لا ينبغي فهمه باعتباره بديلا عن القوة العسكرية او الاقتصادية او الامنية بل باعتباره قوة مضاعفة لها ، اذ انه يعيد تنظيم شكل العلاقة بين عناصر القوة المتعددة ، ويمنح الدولة التي تمتلك قاعدة تقنية متقدمة قدرة اكبر على توظيف مواردها التقليدية بكفاءة اعلى ، وعليه قد لا تكون المنافسة في المستقبل بين الدول حول من يمتلك موارد اكثر فقط ، وانما حول من يمتلك قدرة اكبر على توظيف الذكاء في ادارة هذه الموارد وتحويلها الى قوة مؤثرة وفعالة وذات تأثير متزايد في مستقبل البشرية جمعاء .

لقد كشفت الحالة الصينية بصورة واضحة عن هذا التحول العميق في مقدرات النظام الدولي ، فالصين لا تنظر الى الذكاء الاصطناعي باعتباره قطاعا تقنيا منفصلا ، بل باعتباره احد المكونات التي يمكن ان تسهم في اعادة بناء القوة الوطنية وتعزيز الاستقلال الاستراتيجي ودعم مشروع الصعود الدولي ، ومن هنا فان اهمية التجربة الصينية لا تكمن فقط في حجم استثماراتها او عدد تطبيقاتها فحسب، وانما في محاولتها تحويل التقنية الى جزء من بنية القوة الشاملة للدولة في العصر الحديث .

وكشفت الدراسة بان التنافس على الذكاء الاصطناعي يمثل في احد ابعاده الاساسية تنافسا على المستقبل ذاته ،حيث ان الدولة التي تتفوق في التقنية التي ستحدد شكل الاقتصاد والحرب والامن والاعلام وصنع القرار ، قد تمتلك قدرة اكبر على التأثير في شكل النظام الدولي القادم ، ولهذا لم

يعد التنافس الصيني الأمريكي مجرد تنافس على الاسواق او مناطق النفوذ ، وانما اصبح تنافسا على مصادر القوة التي ستحدد موقع كل طرف في النظام الدولي خلال العقود القادمة .

وتأسيسا على ما تقدم ، يمكن القول بان الذكاء الاصطناعي يمثل نقطة التقاء بين التقنية والقوة والجغرافيا السياسية ، فهو تكنولوجيا ذات نتائج اقتصادية مثمرة ، واداة ذات تطبيقات عسكرية مهمة ، ومورد ذو قيمة استراتيجية كبيرة ، ومجال جديد للتنافس بين الدول ، وهذه الطبيعة المركبة هي التي باتت تمنحه اهميته في دراسة مستقبل النظام السياسي الدولي .

وفي الواقع فان الذكاء الاصطناعي لا يعمل في فراغ ، ولا يمكنه وحده ان يحسم مستقبل القوة الدولية ، اذ ان التفوق التقني يحتاج الى قاعدة اقتصادية قوية ، ومؤسسات قادرة على الابتكار، ورأس مال بشري ، وبنية تحتية متقدمة ، وقدرة على حماية التقنية وسلاسل امدادها ، وقيادة حكيمة ، ومن ثم فان الذكاء الاصطناعي يمكن ان يكون رافعة للصعود ، لكنه لا يستطيع ان يصنع قوة دولية متكاملة من دون وجود بيئة وطنية ودولية قادرة على تحويله الى قدرة استراتيجية فعالة .

وهكذا نجد بان مستقبل النظام السياسي الدولي قد يشهد انتقالا من مرحلة كان فيها السؤال المركزي هو من يمتلك القوة ؟ ، الى مرحلة يصبح فيها السؤال من يمتلك القدرة على انتاج القوة وتطويرها باستمرار؟ ، وفي هذه النقطة تحديدا تكمن القيمة الاستراتيجية للذكاء الاصطناعي ، اذ ان القوة في عالم المستقبل قد لا تكون لمن يمتلك اكبر ترسانة عسكرية او اكبر اقتصاد فحسب ، وانما لمن يستطيع ان يسبق الاخرين في فهم المستقبل ، ومحاكاته والتنبؤ به والتاثير في مساراته ، ومن هنا يصبح الذكاء الاصطناعي ليس مجرد تقنية للمستقبل ، بل احد الادوات التي قد تستخدمها الدول لصناعة المستقبل ذاته .

ان صعود الصين في مجال الذكاء الاصطناعي يمثل اختبارا حقيقيا لقدرتها على الانتقال من قوة اقتصادية وعسكرية كبرى الى قوة قادرة على التاثير في قواعد انتاج القوة الدولية ، وفي المقابل فان قدرة الولايات المتحدة الامريكية والقوى الكبرى الاخرى على الحفاظ على مواقعها ستصبح مرتبطة بدرجة متزايدة بقدرتها على مواكبة هذا التحول ، وفي المحصلة النهائية لا يكمن جوهر التحول الذي يفرضه الذكاء الاصطناعي في ان العالم سيصبح اكثر اعتمادا على التقنية فحسب ، بل في ان التقنية نفسها اخذت تتحول الى عنوان جديدة للقوة ، ومن يستطيع اتقانها لن يكون اكثر

قدرة على المنافسة داخل النظام الدولي فحسب ، بل قد يصبح اكثر قدرة على المساهمة في تحديد قواعده واتجاهاته وحدود حركته وتفاعلاته .

الاستنتاجات : لقد توصلت الدراسة الى مجموعة هامة من الاستنتاجات الرئيسية والتي يمكن ذكرها كالآتي :

اولا : ان الذكاء الاصطناعي يمثل تحولا في مصادر القوة الدولية ، وليس مجرد تطور تقني جديد ، اذ ان القوة الدولية تتجه تدريجيا من الاعتماد الحصري على الموارد التقليدية الى الاعتماد المتزايد على المعرفة والبيانات والابتكار والقدرة التقنية .

ثانيا : الذكاء الاصطناعي يعمل بوصفه مضاعفا لعناصر القوة الكلاسيكية ، فهو لا يلغي القوة الاقتصادية او العسكرية ، وانما يزيد من كفاءتها وقدرتها على التأثير، ويعيد تنظيم العلاقة بين عناصر القوة المختلفة .

ثالثا : ان المعيار الجديد للقوة لا يتمثل في امتلاك التقنية وحده ، بل في القدرة على تحويلها الى قوة استراتيجية شاملة ، فالدول قد تمتلك التقنية ، لكنها لا تحقق بالضرورة المكانة الدولية ذاتها اذا عجزت عن دمجها في منظومتها الاقتصادية والعسكرية والسياسية والامنية .

رابعا : تتجه القوة الدولية نحو التحول من قوة الموارد الى قوة المعرفة ، فامتلاك البيانات والقدرة على تحليلها وتحويلها الى معرفة وقرار وفعل ونفوذ اصبح يمثل موردا استراتيجيا متزايدا الاهمية .

خامسا : تمثل الصين حالة بارزة لتحول التقنية الى مشروع قوة وطنية ، حيث تتعامل مع الذكاء الاصطناعي ضمن رؤية اوسع للصعود الوطني وتعزيز القدرة التنافسية والاستقلال الاستراتيجي وتحقيق الهيمنة .

سادسا : لقد اصبح الذكاء الاصطناعي يعد احد ميادين التنافس الاستراتيجي بين الصين وامريكا ، ولم يعد هذا التنافس محصورا في الاسواق والتجارة ، بل امتد الى الرقائق الالكترونية والبيانات والحوسبة الكمومية والبحث العلمي والبنية التحتية والمعايير التقنية .

سابعاً : يتزايد ارتباط التفوق التقني بالامن القومي ، اذ ان التقنية المتقدمة اصبحت جزءاً من القدرة على حماية الدولة ، وتطوير قدراتها العسكرية ، والحفاظ على استقلالها السياسي وسيادتها .

ثامناً : ان الذكاء الاصطناعي قد يسهم في اعادة توزيع القوة الدولية والاقليمية ، لكنه لا يؤدي بصورة آلية الى ذلك ، فالنتيجة تعتمد على قدرة الدول على تحويل التفوق التقني الى قوة اقتصادية وعسكرية وسياسية مستدامة .

تاسعاً : ان الصعود الصيني التقني لا يعني بالضرورة انتقال مركز القوة العالمية الى الصين ، وانما يشير الى احتمال حدوث تحول تدريجي في توزيع مصادر القوة الدولية ، بحيث تصبح الصين اكثر قدرة على منافسة القوى الكبرى والتاثير في قواعد النظام الدولي المقبل .

عاشرًا : ان عملية التنافس على الذكاء الاصطناعي هي في جوهرها تنافس في السيطرة على المستقبل ، لان الدول التي تمتلك التكنولوجيا القادرة على تحديد شكل الاقتصاد والحرب والامن وصنع القرار قد تمتلك قدرة اكبر على التأثير في شكل النظام الدولي المقبل .

احد عشر : في الواقع تتجه طبيعة القوة الدولية نحو مزيد من التركيب والتداخل فيما بينها ، فلم يعد من الممكن الفصل بصورة حادة بين القوة الاقتصادية والعسكرية والتقنية والمعلوماتية ، لان الذكاء الاصطناعي يعمل عند نقاط التقاء هذه المجالات جميعاً .

اثنا عشر : ان التحول الاكثر عمقا يتمثل في انتقال معيار التفوق من امتلاك القوة الى القدرة على انتاجها وتجديدها ، فالدولة الاكثر قوة في المستقبل قد لا تكون الدولة التي تمتلك اكبر قدر من الموارد ، وانما الدولة التي تمتلك القدرة الاعلى على تحويل المعرفة الى موارد والقوة الى نفوذ .

ثلاثة عشر : كشفت التجربة الصينية عن بداية فترة جديدة من تاريخ القوة الدولية ، حيث اصبح فيها التفوق التقني شرطاً متزايد الأهمية للحفاظ على المكانة الدولية والتقدم والازدهار، ومصدراً يمكن من خلاله اعادة صياغة موازين القوة الدولية .

تأسيساً على ما تقدم ، نستطيع القول بان الذكاء الاصطناعي لم يعد يغير العالم فقط ، بل يغير الطريقة التي تصنع بها الدول قوتها ومكانتها في العالم ، وهذه هي الدلالة الاكثر عمقا للتحول الذي يمثله الذكاء الاصطناعي في النظام السياسي الدولي .

المصادر :

اولا: المصادر الاجنبية :

1. First: web:

2. Ian Bremmer and Mustafa Suleyman , The AI Power Paradox , foreign affairs , 16 August 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/world/artificial-intelligence-power-paradox#> , Date of visit : 1/8/2026 .
3. Mathew Jie Sheng Yeo and Hyeyoon Jeong , Navigating AI Competition: The Case for Human-Centric Approaches in China-US AI Dialogues , the diplomat , 31 August 2024 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2024/08/navigating-ai-competition-the-case-for-human-centric-approaches-in-china-us-ai-dialogues/> , Date of visit : 9/7/2026.
4. Nick Corvino and Nico Han , Striking a Balance: China's AI Ambitions and the Quest for Safety , the diplomat , 25 May 2024 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2024/05/striking-a-balance-chinas-ai-ambitions-and-the-quest-for-safety/> , Date of visit : 22/2/2026 .
5. Rajiv Kumar , The Rise of AI Manufacturing in China and South Korea , the diplomat , 23 May 2025 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2025/05/the-rise-of-ai-manufacturing-in-china-and-south-korea/> , Date of visit : 9/7/2026 .
6. Grace Shao , China's AI Breakthrough Signals a New Era of Tech Innovation , the diplomat , 22 February 2025 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2025/02/chinas-ai-breakthrough-signals-a-new-era-of-tech-innovation/> , Date of visit : 9/7/2026 .
7. Shannon Tiezzi , China Renews Its Pitch on AI Governance at World Internet Conference , the diplomat , 9 November 2023 , Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2023/11/china-renews-its-pitch-on-ai-governance-at-world-internet-conference/> , Date of visit : 9/7/2026 .
8. Mark Esposito and Bruno S. Sergi, Asia Is Sprinting on AI. Europe Is Still Tying Its Laces, the diplomat, 18 June 2026, Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2026/06/asia-is-sprinting-on-ai-europe-is-still-tying-its-laces/> , Date of visit: 11/7/2026.
9. Dingding Chen, Yingfan Chen, and Runyu Huang , The AI Superpower Rivalry: A Zero-sum Game Between China and the United States?, the diplomat, 21 March 2025, Available at the link: <https://thedi diplomat.com/2025/03/the-ai-superpower-rivalry-a-zero-sum-game-between-china-and-the-united-states/> , Date of visit: 9/7/2026.
10. Mercy A. Kuo, The Military Dimension of the China-US AI Race, the diplomat, 29 January 2026, Available at the link:

<https://thediplomat.com/2026/01/the-military-dimension-of-the-china-us-ai-race/> , Date of visit: 9/7/2026.

11. Patrick M. Cronin and Pinshan La, How the US Can Counter China's Emerging Tech Trap, the diplomat, 30 July 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/how-the-us-can-counter-chinas-emerging-tech-trap/> , Date of visit: 9/8/2026.

12. Ho Ting (Bosco) Hung and Moritz von Knebel , Building the Pipeline: Why China Exports AI Infrastructure, Not Semiconductors , the diplomat , 1 September 2025 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/09/building-the-pipeline-why-china-exports-ai-infrastructure-not-semiconductors/> , Date of visit : 10/8/2026 .

13. Mathieu Duchâtel , Semiconductors: China's Industrial Policy Steamroller in Motion , Not Semiconductors , the diplomat , 19 November 2025 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/11/semiconductors-chinas-industrial-policy-steamroller-in-motion/> , Date of visit : 10/8/2026 .

14. Dingding Chen and Runyu Huang , Is It Too Late for the US to Change Its Chip Strategy Toward China? , the diplomat, 27 August 2025, Available at the link: <https://thediplomat.com/2025/08/is-it-too-late-for-the-us-to-change-its-chip-strategy-toward-china/> , Date of visit: 8/8/2026.

15. Luke M. Herrington, China's 'Terminator' Info Op and the Future of AI, the diplomat, 20 March 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/03/chinas-terminator-info-op-and-the-future-of-ai/> , Date of visit: 8/4/2026.

16. Eric Schmidt and Yll Bajraktari , America Could Lose the Tech Contest With China , foreign affairs , 8 September 2022 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/united-states/america-losing-its-tech-contest-china> , Date of visit : 22/5/2026 .

17. Patrick M. Cronin and Pinshan La, How the US Can Counter China's Emerging Tech Trap, the diplomat, 30 July 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/how-the-us-can-counter-chinas-emerging-tech-trap/> , Date of visit: 9/8/2026.

18. Bonnie Girard , Xi Jinping's AI Vision , the diplomat , 3 August 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/08/xi-jinpings-ai-vision/> , Date of visit : 9/8/2026 .

19. Daniel Bob , America Can't Win the AI Race Behind Closed Doors , the diplomat , 22 July 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/07/america-cant-win-the-ai-race-behind-closed-doors/> , Date of visit : 9/8/2026 .

20. Leia Wang and Zilan Qian , China's Humanoid Marathon Signals a New Kind of AI Race , the diplomat , 21 April 2025 , Available at the link:

<https://thediplomat.com/2025/04/chinas-humanoid-marathon-signals-a-new-kind-of-ai-race/> , Date of visit : 5/8/2026 .

21. Charles Sun , The Private Firms Powering China's Military AI Push , the diplomat , 25 March 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/03/the-private-firms-powering-chinas-military-ai-push/> , Date of visit : 5/8/2026 .

22. Yuan-Chou Jing , How Does China Aim to Use AI in Warfare? , the diplomat, 28 December 2021, Available at the link: <https://thediplomat.com/2021/12/how-does-china-aim-to-use-ai-in-warfare/> , Date of visit: 23/4/2026.

23. Grald Mako, China's Military Is Now Using AI to Plan Strike Operations , the diplomat , 7 August 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/08/chinas-military-is-now-using-ai-to-plan-strike-operations/> , Date of visit : 20/8/2026 .

24. Mercy A. Kuo, China's Bid to Lead the World in AI, the diplomat, 6 July 2024, Available at the link: <https://thediplomat.com/2024/07/chinas-bid-to-lead-the-world-in-ai/> , Date of visit: 5/5/2026.

25. Hugh Harsono , China's Surveillance Technology Is Keeping Tabs on Populations Around the World , the diplomat , 18 June 2020 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2020/06/chinas-surveillance-technology-is-keeping-tabs-on-populations-around-the-world/> , Date of visit : 4/7/2026 .

26. Hannah Ryder and Huiyi Chen , What China's AI Push Can Teach Africa About the Future of Labor , the diplomat , 4 May 2026 , Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/05/what-chinas-ai-push-can-teach-africa-about-the-future-of-labor/> , Date of visit : 4/7/2026 .

27. Eric Schmidt , Innovation Power , foreign affairs , 28 February 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/united-states/eric-schmidt-innovation-power-technology-geopolitics> , Date of visit : 22/5/2026 .

28. Lauren Kahn, Ground Rules for the Age of AI Warfare , foreign affairs , 6 June 2023 , Available at the link: <https://www.foreignaffairs.com/world/ground-rules-age-ai-warfare> , Date of visit : 1/5/2026 .

29. Sarah Cook , China's Censors Could Shape the Future of AI-Generated Content , the diplomat , 21 February 2023 , Available at the link <https://thediplomat.com/2023/02/chinas-censors-could-shape-the-future-of-ai-generated-content/> , Date of visit : 21/7/2026 .

30. Gerald Mako , The ASEAN-China AI Center: Innovation Boost or Agentic Disinformation Risk for Southeast Asia? , the diplomat , 3 June 2026 , Available at the link :<https://thediplomat.com/2026/06/the-asean-china-ai-center-innovation-boost-or-agentic-disinformation-risk-for-southeast-asia/> , Date of visit : 21/7/2026 .

31. Graham Hardig and Eric N. Richardson, How China and the US Can Make AI Safer for Everyone, the diplomat, 7 January 2026, Available at the link: <https://thediplomat.com/2026/01/how-china-and-the-us-can-make-ai-safer-for-everyone/> , Date of visit: 30/7/2026.

32. Guangyi Pan , Trump's New AI Order Raises the Stakes in China-US Tech Competition , the diplomat , 4 June 2026 , Available at the link : <https://thediplomat.com/2026/06/trumps-new-ai-order-raises-the-stakes-in-china-us-tech-competition/> , Date of visit : 21/7/2026 .