المركز الوطني
لتطوير المناهج
National Center
for Curriculum
Development

المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم

المهارات الرقمية

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الثاني

12

نسخة قيد الإعداد

لجنة الإشراف على التأليف

أ.د. وليد خالد سلامة
أ.د. باسل علي محافظة
أ.د. خالد إبراهيم العجلوني
ليلى محمد العطوي

هذا الكتاب جزء من مشروع الشباب والتكنولوجيا والوظائف
لدى وزارة الإقتصاد الرقمي والريادة.

الناشر: المركز الوطني لتطوير المناهج

يسر المركز الوطني لتطوير المناهج استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

06-5376262 /237 | 06-5376266 | P.O.Box: 2088 Amman 11941
@nccdjor | feedback@nccd.gov.jo | www.nccd.gov.jo

قـــرَّرت وزارة التربيـــة والتعليـــم تدريـــس هـــذا الكتـــاب فـــي مـــدارس المملكـــة الأردنيـــة الهاشـــمية جميعهـــا، بنـــاءً علـــى قـــرار المجلـــس الأعلـــى للمركـــز الوطنـــي لتطويـــر المناهـــج فـــي جلســـته رقم (8/ 2025) تاريـــخ (16/ 11/ 2025) وقـــرار مجلـــس التربيـــة والتعليـــم رقـــم (253/ 2025) تاريخ (4/ 12/ 2025) بدءًا من العام الدراسي (2025/ 2026)

ISBN 978-9923-41-888-8

المملكة الأردنية الهاشمية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية

2025/2/849

الاردن، المركز الوطني لتطوير للمناهج

المهارات الرقمية، الصف الثاني عشر، الفصل الدراسي الثاني

عمان، المركز الوطني لتطوير للمناهج، 2025

373.19

/ المهارات الحاسوبية/ / علم الحاسوب/ / المناهج/ / التعليم الثانوي/

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن دائرة المكتبة الوطنية.

نسخة قيد الإعداد

فريق التأليف المكلف من شركة عالم الاستثمار للتنمية والتكنولوجيا

د. اسماء حسن حمدان　　أ. د. محمد يونس العزة　　د. محمد رجب عبدالمجيد

د. رائد مصطفى القرعان　　د. مأمون عبد القادر الضمور　　حنان حسني ابوراشد

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الطبعة الأولى (التجريبية)

1447هـ/ 2025م

المُقدِّمة

الحمد لله ربِّ العالمين، والصَّلاة والسَّلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، أمّا بعد:

فانطلاقًا من إيمان المملكة الأردنية الهاشـــمية بأهمية تنمية قدرات الإنسان الأردني، وتسليحه بالعلم والمعرفة؛ ســـعى المركز الوطني لتطوير المناهج، بالتعاون مـــع وزارة التربية والتعليم، إلى تحديث المناهج الدراســـية وتطويرها؛ لتكون مُعينًا للطلبة على الارتقاء بمستواهم المعرفي والمهاري، ومجاراة أقرانهم في الدول المُتقدِّمة. ونظرًا إلى أهمية مبحث المهارات الرقميـــة ودوره في تنمية مهارات التفكير لدى الطلبة، وفتح آفاق جديدة لهم تُواكِب مُتطلَّبات ســـوق العمل؛ فقد أَوْلى المركز مناهجه عناية فائقة، وأَعدَّها وَفق أفضل الأســـاليب والطرائق المُتَّبَعة عالميًّا بإشراف خبراء أردنيين؛ لضمان توافقها مع القِيَم الوطنية الأصيلة، ووفائها بحاجات الطلبة.

يُعَدُّ مبحث المهارات الرقمية واحدًا من أهمِّ المباحث الدراسية؛ إذ يُمثِّل الخطوة الأولى لتعريف الطلبة بمناحي التكنولوجيا والتطوُّر الرقمي الحديث بصورة موثوقة وآمنة. وقد اشـــتمل كتاب المهارات الرقمية على موضوعات تراعي التدرُّج في تقديم المعلومة، وعرضها بأسلوب مُنظَّم وجاذب، وتعزيزها بالصور والأشكال؛ ما يُثْري المعرفة لدى الطلبة، ويُعزِّز رغبتهم في التعلُّم، ويُحفِّزهم إلى أداء أنشطة الكتاب المُتنوِّعة بيسر وسهولة، فضلًا عن تذكيرهم بالخبرات والمعارف التعليمية التي اكتسبوها سابقًا.
روعي في إعداد الكتاب الربط بين الموضوعات الجديدة على نحوٍ شامل ومُتكامِل، وتقديم موضوعاته بصورة شائقة تُعْنى بالســـياقات الحياتية التي تَهُمُّ الطلبة، وتزيد من رغبتهم في تعلُّم المهارات الرقمية. وقد أُلحِق بكل وحدة مقاطع تعليمية مُصوَّرة، تساعد الطلبة على الفهم العميق للموضوع، وتُرسِّخ لديهم ما تضمَّنه من معلومات وأفكار.

ونظرًا إلى ما تُمثِّله الأنشـــطة من أهمية كبيرة في فهم الموضوعات وتعزيـــز الطلاقة الإجرائية لدى الطلبة؛ فقد اشتمل الكتاب على أنشطة مُتنوِّعة تحاكي واقع الطلبة وما يحيط بهم، وتدعم تعلُّمهم، وتُثْري خبراتهم، فضلًا عن اشتماله على روابط إلكترونية يُمكِن للطلبة الاستعانة بها عند البحث في الأوعية المعرفية. ومن ثَمَّ، فإنَّ المهارات الرقمية والتقنية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بمسيرة الطلبة التعليمية والمهنية.

ونحن إذ نُقدِّم هذا الكتاب، فإنَّنا نأمل أنْ يُســـهِم في بناء جيل واعٍ ومُبتكِر وقـــادر على التعامل مع التكنولوجيا بمسؤولية وإبداع، وأنْ يكون لَبِنة أساسية في تقدُّم المملكة الأردنية الهاشمية وازدهارها.

المركز الوطني لتطوير المناهج

نسخة قيد الإعداد

الفهرس

إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) 8

مُقدِّمة في إنترنت الأشياء (Introductions to Internet of Things: IoT) 10
مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) 12
مراحل تطوُّر إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) 13
الخصائص الأساسية لنظام إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) 14
الحسّاسات في نظام إنترنت الأشياء (Internet of Thingsos) 15
رقاقات (Radio Frequency Identification: RFID) 16
استخدام إنترنت الأشياء في التقُّنل وتحديد المواقع 18

طبقات إنترنت الأشياء: الهيكلية، والوظيفة
(IoT Layers - Architecture and Functions) 21
بِنى الطبقات في أنظمة إنترنت الأشياء 22
بِنية الطبقات الثلاث في إنترنت الأشياء (Three– Layer IoT Architecture) 24
بِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء (Seven–Layer IoT Architecture) 27

الشبكات اللاسلكية وتقنيات الاتصال المختلفة
(Wireless Networks and Communication Technologies) 35
تقنيات الاتصال اللاسلكي في إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) 36
أوَّلًا: تقنية البلوتوث (Bluetooth) 38
ثانيًا: تقنية الواي فاي (Wi–Fi) 42
ثالثًا: تقنية (Zigbee) 45
زيجبي بين تقنية (Bluetooth)، وتقنية (Wi–Fi)، وتقنية (Zigbee) 49

تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT Applications) 53
شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية 54
الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) وتطبيقاتها 63

أسئلة الوحدة 68

تقويم ذاتي (Self-Checklist) 71

نسخة قيد الإعداد

مُقدِّمة في شجرة البحث (Introduction to the SearchTree) 76
مراحل حَلّ المشكلة 78
خوارزميات البحث 80
المشكلات 81

استراتيجيات البحث في الذكاء الاصطناعي
(Search Strategies in Artificial Intelligence) 92
أوَّلًا: طرائق البحث العمياء (Blinded Search Strategies) 94

الاقتران الاستدلالي (Heuristic Function) 105
اقتران البحث الاستدلالي 106
اقترانات التقييم في البحث الاستدلالي 108

تطبيقات الذكاء الاصطناعي باستخدام لغة البرمجة بايثون
(Artificial Intelligence Applications Using Python) 120
خوارزميات البحث التنافسي (Adversarial Search Algorithms) 121
آليَّة عمل خوارزمية (MiniMax) 125
برمجة لعبة (XO) باستخدام لغة البرمجة بايثون (Python) 130

أسئلة الوحدة 135

تقويم ذاتي (Self-Checklist) 138

نسخة قيد الإعداد

دلالات أيقونات الكتاب

نشاط تمهيدي	نشاط استهلالي يربط التعلم السابق بالتعلم الحالي
نشاط عملي	نشاط تطبيقي مرتبط بمهارات الدرس
نشاط	نشاط مرتبط بمحتوى الدرس المعرفي أو المهاري
نشاط فردي	نشاط يطبق بشكل فردي
نشاط جماعي	نشاط يطبق في مجموعات
أبحث	أستخدم شبكة الإنترنت للبحث عن المعلومات

اثراء	توسع في المعلومات مرتبط بمحتوى الدرس
أناقش	عرض الأفكار وتبادلها مع الزملاء والمعلم
إضاءة	معلومة إضافية
أشاهد	عرض محتوى فيديو مرتبط بالمحتوى
مشروع	نشاط تكاملي توظف فيه معارف ومهارات الوحدة
مواطنة رقمية	الإجراءات الواجب اتباعها لتحقيق مبادئ المواطنة الرقمية
المهارات الرقمية	المهارات التكنولوجية التي سأطبقها في الوحدة

نسخة قيد الإعداد

نسخة غير للبيع

الوحدة
3

إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT)

نظرة عامة على الوحدة:

سأتعرَّف في هذه الوحدة مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things IoT)، ومراحل تطوُّره، وخصائصه الأساسية، إضافةً إلى مُكوِّنات نظامه، وكيفية عمله بناءً على طبقات البِنية الهيكلية (طبقة الحسّاسات، طبقة الشبكة، طبقة التطبيقات)، ووظائف كلٍّ منها. كذلك سأتعرَّف دور الحسّاسات في جمع البيانات وربط الأشياء بشبكة الإنترنت عبر تقنيات الاتصال اللاسلكي، مثل تقنية الواي فاي (Wi-Fi)، وتقنية زيجبي (Zigbee)، ورقاقات (RFID)، وتقنية البلوتوث (Bluetooth)، ثمَّ أعمل على توضيح الفروق بينها من حيث الأداء، والطاقة، والتكلفة، والجودة. بعد ذلك سأستكشف كيف تُوظَّف التطبيقات العملية لإنترنت الأشياء في العديد من المجالات، مثل: التعليم، والصحة، والتسويق، وحماية البيئة، والتنقُّل، والزراعة، إلى جانب استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في الأماكن والبيئات الخطرة. وفي نهاية الوحدة، سأُنفِّذ أنشطة تتضمَّن تصميم مشروعات تفاعلية تحاكي واقع إنترنت الأشياء، وتُبرِز قيمته في حياتنا حاضرًا ومستقبلًا.

يُتوقَّع منّي في نهاية الوحدة أنْ أكون قادرًا على:

- تعريف مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT)، ووصف مراحل تطوُّره خلال مُدَد زمنية مُحدَّدة.
- توضيح الخصائص الأساسية لإنترنت الأشياء.
- تسمية مُكوِّنات نظام إنترنت الأشياء، وتوضيح وظيفة كل مُكوِّن منها.
- تعريف مفهوم طبقات إنترنت الأشياء، وبيان أهميتها.
- رسم نموذج لهيكلية طبقات إنترنت الأشياء، وتوضيح وظيفة كل طبقة منها، وذكر أمثلة على استخدامات هذه الطبقات في الحياة اليومية.
- رسم نموذج لبِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء، وتسمية هذه الطبقات، وتوضيح وظيفة كلٍّ منها.
- تعريف رقاقات (RFID)، ورسم نموذج تخطيطي يُبيِّن كيفية استخدام هذه الرقاقات في تعرُّف الأشياء.
- ذكر أمثلة واقعية على تطبيقات تُستخدَم فيها رقاقات (RFID).

نسخة تجريبية

- وصف المُكوِّنات وآليَّة العمل لكلٍّ من (Bluetooth)، و(Wi-Fi)، و(Zigbee)، وتحديد تطبيقات عملية لكلٍّ من التقنيات السابقة في مجالات الحياة المختلفة.
- المقارنة بين تقنية (Bluetooth) وتقنية (Wi-Fi) وتقنية (Zigbee) من حيث الموثوقية، واستهلاك الطاقة، والتكلفة، والوصول، والجودة، والسرعة، والمرونة.
- تعريف إنترنت الأشـــياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية (Satellite IoT)، وتوضيح مُكوِّنات هذه التقنية وآليَّة عملها، وعرض بعض التطبيقات المُرتبِطة بها.
- بيان المزايا والتحدِّيات التي تتعلَّق باستخدام الأقمار الصناعية في إنترنت الأشياء.
- شرح كيف يُستخدَم إنترنت الأشياء في التنقُّل وتحديد المواقع باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).
- توضيح بعض التطبيقات الخاصة باستخدام إنترنت الأشياء في مجال التعليم.
- عرض أمثلة على استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في مجال الطب والزراعة والمِلاحة الجوية.
- تفسير أسباب اســـتخدام الحوســـبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في البيئات الخطرة، مثل: أعماق البحار، والمناطق المُلوَّثة، والأماكن التي تحدث فيها العديد من التفجيرات.
- إنشاء جدول يُبيِّن خارطة الطريق لمراحل تطوُّر إنترنت الأشياء، والتطبيقات لكل مرحلة، وفوائدها، ومزاياها.
- توضيح بعض المجالات التطبيقية لإدارة الأشياء عبر شبكة الإنترنت، مثل: الرعاية الصحية، والتسويق، والعمليات الحيوية (اللوجستيات)، والبيئة المحيطة.
- تصميم مشروع مُصغَّر يحاكي شبكة إنترنت الأشياء (باستخدام الحسّاسات، وإحدى تقنيات الاتصال المُحدَّدة)، ويعمل على توثيق خطواتها.

المهارات الرقمية:
التفكير الحاسوبي، التواصل الرقمي، حَلُّ المشكلات، الإبداع والابتكار الرقميان.

فهرس الوحدة:

الدرس الأوَّل: مُقدِّمة في إنترنت الأشياء Introduction to Internet of Things: (IoT).

الدرس الثاني: طبقات إنترنت الأشياء: الهيكلية، والوظيفة
(IoT Layers – Architecture and Functions).

الدرس الثالث: الشبكات اللاسلكية وتقنيات الاتصال المختلفة
(Wireless Networks and Communication Technologies).

الدرس الرابع: تطبيقات إنترنت الأشياء (IoT Applications).

نسخة غير للإعداد

الدرس الأوَّل

مُقدِّمة في إنترنت الأشياء
(Introductions to Internet of Things: IoT)

الفكرة الرئيسة:

سأتعرَّف في هذا الدرس المزيد عن إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT)، وأستذكر مفهومه، ومُكوِّناته، وكيف يُستخدَم في بعض التطبيقات اليومية. كذلك سأتعرَّف رقاقات (RFID)، وآليَّة عملها، ومناحي استخدامها في بعض التطبيقات الحياتية.

المفاهيم والمصطلحات:

إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT)، الاتصال (Connectivity)، تباين الأجهزة (Device Heterogeneity)، القابلية للتوسُّع (Scalability)، الأمان (Security)، طبقة الإدراك/ طبقة الاستشعار (Perception /Sensor Layer)، طبقة الاتصال (Network Layer)، طبقة البرامج الوسيطة (Middleware Layer)، طبقة التطبيقات (Applications Layer)، الحسّاسات (Sensors)، نظام تحديد المواقع العالمي (Global Positioning System: GPS)، التثليث (Trilateration)، جهاز تعقُّب المواقع المُصغَّر (Mini GPS Tracker)، رقاقات (Radio Frequency Identification: RFID)، علامات رقاقات (RFID) (RFID Tags)، قارئ رقاقات (RFID Reader).

نسخة قيد الاعداد

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُعرِّف مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT).
- أُبيِّن مراحل تطوُّر مفهوم إنترنت الأشياء.
- أُوضِّح الخصائص الأساسية لإنترنت الأشياء.
- أُعدِّد مُكوِّنات نظام إنترنت الأشياء، وأُوضِّح وظيفة كل مُكوِّن من هذه المُكوِّنات.
- أُعرِّف الحسّاسات في إنترنت الأشياء.
- أُعرِّف رقاقات (RFID).
- أرسم نموذجًا أُبيِّن فيه كيف تُستخدَم رقاقات (RFID) في تعرُّف الأشياء.
- أَصِف بعض التطبيقات التي تُستخدَم فيها رقاقات (RFID).

سعى الإنسان على مَرِّ العصور إلى تطوير أساليب الحياة، وتحسين نوعيتها في مختلف المجالات. وتُعَدُّ شبكة الإنترنت من أبرز الابتكارات التي أحدثت نقلة نوعية في ما يخصُّ التواصل والعمل والتعليم والخدمات. وفي ظلِّ تطوُّر هذه الشبكة، وظهور تقنيات حديثة أُخرى، فقد برز مفهوم إنترنت الأشياء (IoT) بوصفه مرحلة مُتقدِّمة من التحوُّل الرقمي؛ إذ أصبحت الأجهزة من حولنا قادرة على التواصل وتبادل البيانات دون تدخُّل بشري مباشر. ومن ثَمَّ، فقد أخذنا نشهد وجود منازل ذكية، وإنشاء مدن ذكية، وبناء أنظمة صحية وتعليمية واقتصادية أكثر كفاءةً وذكاءً.

فما المقصود بإنترنت الأشياء؟ وكيف يعمل؟ وما أبرز التطبيقات التي نُشاهِدها في حياتنا اليومية، وتعتمد عليه اعتمادًا رئيسًا من دون أنْ نشعر بذلك؟

نشاط تمهيدي

أُفكِّر في مفهوم البيت الذكي (Smart Home)، ثمَّ أُدوِّن مواصفاته من وجهة نظري. بعد ذلك أُناقِش أفراد مجموعتي في الأسئلة الآتية:

- لماذا أُطلِق على هذا النوع من البيوت اسم البيوت الذكية؟
- ما علاقة البيوت الذكية بموضوع الدرس؟
- ما الخدمات التي تعتمد على شبكة الإنترنت داخل هذه البيوت، وتُسهِّل مناحي الحياة اليومية فيها؟
- ما أبرز الإيجابيات والسلبيات التي تتعلَّق باستخدام تقنيات البيت الذكي؟

أُلخِّص – بالتعاون مع أفراد مجموعتي – أبرز الأفكار والإجابات التي توصَّلنا إليها أثناء النقاش، ثمَّ نُشارِك في عرضها أمام أفراد المجموعات الأُخرى في الصف، ونعمل على مناقشتها معًا.

نسخة تحت الإعداد

مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT):

يُعرَّف إنترنت الأشـــياء (Internet of Things: IoT) بأنَّه شبكة من الأجهزة (الأشياء) المُترابِطة التي تتضمَّن أجهزة استشـــعار وبرمجيات وتقنيات اتصال عديدة، وتمتلـــك قدرة على جمع البيانات ومشاركتها عبر الإنترنت من دون حاجة إلى تدخُّل بشري مباشر؛ ما يسمح لهذه الأجهزة أنْ تعمل بصورة ذكية، وتُحسِّن الكفاءة والفعّالية في العديد من المجالات.

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ مفهوم إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT) يتألَّف من كلمتين، هما: الإنترنت، والأشـــياء. يُقصَد بالأشـــياء الكائنات الذكية (Smart Objects) التي تشير إلى كل كائن مادي قد يكون متصلًا بشبكة الإنترنت، ومُعرَّفًا رقميًّا عبر عنوان (IP Address) في الشبكة، ومُزوَّدًا بمُعالِج، ووحدة تخزين للبيانات، ونظام استشعار، وتقنيات اتصال شبكي.

يُمكِـن لبعض الكائنـات الذكية التأثير فـي بيئتها عن طريق المُشـغِّلات، وذلك بتحويل الإشـارات الكهربائيـة إلـى حركـة ميكانيكيـة أو مُتغيِّـرات فيزيائيـة، وقـد تكـون بعض هـذه الكائنـات مُزوَّدة بواجهـة مُسـتخدِم، مثـل مفاتيـح التحكُّـم فـي درجـة الحـرارة، خلافًا لكائنـات أُخـرى لا تحتوي علـى واجهـة مُسـتخدِم أبـدًا، وإنَّمـا تعتمـد علـى المُستشـعِرات والمُشـغِّلات للتفاعـل مـع بيئتها بصورة مسـتقلة مـن دون تدخُّل بشـري.

نسخة قيد الإعداد

مراحل تطوُّر إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT):

بدأ استخدام إنترنت الأشياء منذ ثمانينيات القرن العشرين الميلادي، وقد مَرَّ بمراحل تطوُّر عديدة حتّى وصل إلى شكله الحالي الذي يُســـتخدَم اليوم في مجالات عِدَّة. أنظر الجدول (1-1) الذي يُبيِّن مراحل تطوُّر إنترنت الأشياء.

الجدول (1-1): مراحل تطوُّر إنترنت الأشياء.

الخصائص الأساسية لنظام إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT):

تمتاز أنظمة إنترنت الأشياء بخصائص ومزايا عِدَّة، أبرزها:

- **التعامل مع البيئة المحيطة:** تُستخدَم الحسّاسات في أنظمة إنترنت الأشياء لجمع بيانات من البيئة المحيطة، ثمَّ إرسالها إلى السحابة مباشرة، حيث تُخزَّن، وتُصفّى، وتُحلَّل، وتُستخدَم في اتِّخاذ قرارات ذكية.
- **الاتصال (Connectivity):** تعمل شبكات الإنترنت والاتصالات السلكية واللاسلكية على الربط بين الأجهزة المادية والأنظمة الرقمية؛ ما يتيح تبادل البيانات بين الأشياء في الوقت الحقيقي (الفعلي).
- **تباين الأجهزة (Device Heterogeneity):** تتنوَّع الأجهزة المتصلة بشبكة إنترنت الأشياء من حيث أنظمة التشغيل، ونوع الحسّاسات، وبِنيتها التقنية؛ ما يُمكِّن نظام إنترنت الأشياء من التفاعل مع مِنصّات مُتنوِّعة ومُتكامِلة.
- **القابلية للتوسُّع (Scalability):** يمتاز نظام إنترنت الأشياء بقدرته على إضافة أجهزة جديدة أو مُستخدِمين جُدُد؛ إذ يُمكِن لهذا النظام التعامل مع كَمٍّ مُتزايِد من البيانات دون أيِّ تأثير في الأداء.
- **الأمان (Security):** تُستخدَم العديد من التقنيات والبروتوكولات لضمان حماية البيانات، ومنع الاختراقات الإلكترونية، وسَدِّ الثغرات الأمنية باستمرار، بما في ذلك التشفير، والمصادقة، وتحديث الأنظمة المستمر.

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن التوجُّهات الحديثة في إنترنت الأشياء والتوقُّعات المستقبلية لهذه التقنية، ثمَّ أكتب تقريرًا عن ذلك، ثمَّ أُشارِكه مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نسخة قيد الإعداد

الحسّاسات في نظام إنترنت الأشياء (Internet of Thingsos):

تُعَدُّ الحسّاســـات إحدى اللَّبِنات الأساسية لنظام إنترنت الأشـــياء؛ وهي مُكوِّنات لديها القدرة على استقبال مُحفِّز من البيئة المحيطة والاســـتجابة له، مثل: درجة الحرارة، والضغط، والحركة، والضوء، والرطوبة، والموقع، والصوت، والقوَّة. تُمثِّل الحسّاسات الواجهة الحِسِّية لنظام إنترنت الأشياء؛ فهي تعمل على جمع البيانات من البيئة المحيطة ضمن طبقة الإدراك (Perception Layer)، ثمَّ تُرسِلها إلى وحدة تحكُّم أو بوّابة ذكية (Gateway) متصلة بشبكة إنترنت الأشياء.

في معظم الحالات، تفتقر الحسّاسات إلى وجود عنوان (IP Address) مباشر؛ لذا يتمُّ ربطها بوحدات وسيطة مُزوَّدة بعناوين (IP Address)؛ ما يتيح تتبُّع البيانات وربطها بمصدرها داخل الشبكة. بوجه عام، يُمكِن للحسّاسات أنْ تعمل بشكل تلقائي (تشغيل ذاتي)، أو بحسب أوامر المُستخدِم المُبرمَجة مُسبَقًا.

تحتاج الحسّاسات إلى طاقة، وهي تُصنَّف تبعًا لذلك إلى نوعين، هما:

1. **الحسّاسات الســـلبية (Passive Sensors)**: لا يحتاج هذا النوع إلى مصدر طاقة خارجي؛ إذ تستجيب فيه الحسّاسات فقط للإشارات البيئية الموجودة من دون إرسال أيِّ موجات، مثل: حسّاس درجة الحرارة، وحسّاس الضوء.
2. **الحسّاسات النشـــطة (Active Sensors)**: يتطلَّب هذا النوع وجود مصدر طاقة داخلي، مثل البطّارية. وفيه تُرسَل إشارة إلى البيئة المحيطة، ثمَّ تقاس درجة الاستجابة، كما في الحسّاس فوق الصوتي (Ultrasonic Sensor)، وحسّـــاس (LiDAR) أنظر الجدول. (1-2) الذي يُبيِّن تصنيفًا لبعض المُحفِّزات الأساسية التي يُمكِن قياسها باستخدام الحسّاسات.

نوع المُحفِّز	مثال
كهربائي.	التيار، الجُهْد، المجال الكهربائي.
مغناطيسي.	المجال المغناطيسي، التدفُّق المغناطيسي.
حراري.	درجة الحرارة، التوصيل الحراري.
ميكانيكي.	الموضع، السرعة، التســـارع، القوَّة، الكثافة، الضغط.

الجدول (1-2): مُحفِّزات أساسية يُمكِن قياسها بالحسّاسات.

نسخة قيد الاعداد

رقاقات (Radio Frequency Identification: RFID):

تُعَدُّ تقنية تحديد الهُوِيَّـــة بموجات الراديو (Radio Frequency Identification: RFID) واحدة من التقنيات اللاسلكية الأساسية في منظومة إنترنت الأشياء (IoT)؛ إذ تتيح تحديد الأشياء والأشخاص، وتعمل على تتبُّعهم عن بُعْد باستخدام موجات الراديو، من دون حاجة إلى وجود تلامس مباشر أو خطِّ رؤية واضح؛ ما يمنحها أهمية كبيرة مقارنةً بالرموز الشريطية التقليدية.

يتكوَّن نظام رقاقات (RFID) من ثلاثة مُكوِّنات رئيســـة تعمل معًا على تعرُّف الأشياء وتتبُّعها عن بُعْد، وهي: العلامات، والقارئ، ونظام التطبيق أو المعالجة. أنظر الشـــكل (1-1) الذي يُبيِّن هذه المُكوِّنات والعلاقات التي تربطها ضمن بِنية نظام (RFID).

الشكل (1-1): مُكوِّنات نظام (RFID) والعلاقة التفاعلية في ما بينها.

في ما يأتي بيان لكل مُكوِّن من هذه المُكوِّنات:

1. **علامات الرقاقات (RFID Tags):** شرائح إلكترونية دقيقة تحتوي على دارة مُتكامِلة متصلة بهوائي الرقاقات (RFIR Antenna)، ويُمكن ربطها بجسم ما بوصفها مُعرِّفًا له، وهي تعمل على تخزين البيانات الخاصة بالجسم المُرتبِط بها. أنظر الشكل (1-2).

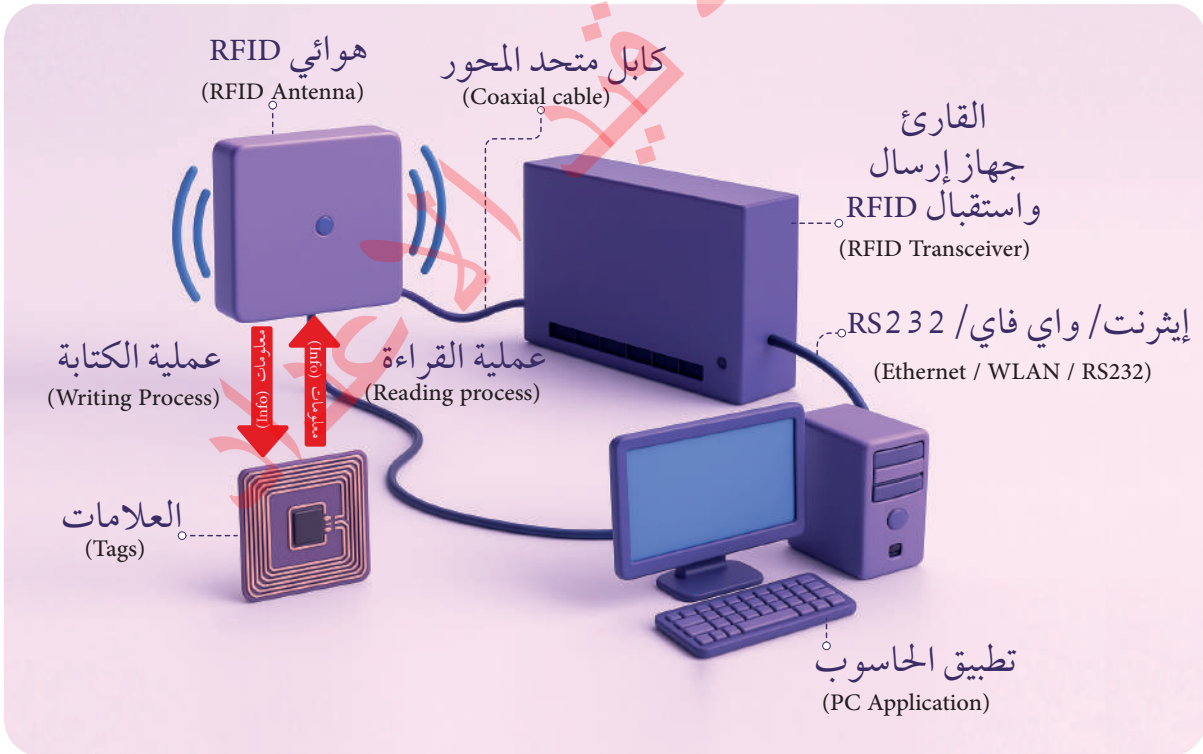
الشكل (1-2): علامات الرقاقات (RFID Tags).

2. **قارئ رقاقات (RFID) (FID Reader:)/ وحدة الإرسال والاستقبال (RFID Transceiver):** جهـــاز مُزوَّد بواجهة تردُّد راديوي ووحـــدة معالجة للبيانات. وفيه تُستخدَم موجات الراديو لاستقبال البيانات من العلامات، ثمَّ نقلها إلى نظام المعالجة (نظام التطبيق). يكون قارئ الرقاقات إمّا ثابتًا (مُثبَّت على بوّابة)، وإمّا مُتحرِّكًا مثل الأجهزة اليدوية المحمولة. أنظر الشكل (1-3).

نسخة قيد الاعداد

الشكل (1–3): قارئ رقاقات (RFID) (RFID Reader) المُتحرِّك والثابت.

3. **نظام التطبيق (Application System)**: يُعرَف هذا النظام أيضًا باســـم نظام معالجة البيانات، وهو الواجهة التي يتعامل معها المُســـتخدِم النهائي، وقد يكون تطبيقًا حاســـوبيًّا، أو قاعدة بيانات مركزية تُستخدَم في تحليل البيانات الواردة من القارئ، ثمَّ اتِّخاذ القرارات المناسبة. أنظر الشكل (1–4).



الشكل (1–4): آليَّة عمل نظام تحديد الهُوِيَّة بموجات الراديو (RFID).

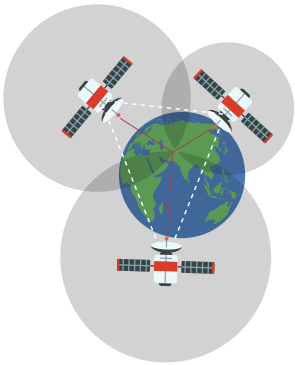
نسخة قيد المراجعة

يتبيَّن من الشكل السابق أنَّ آليَّة عمل نظام (RFID) تتمثَّل في خطوتين، هما:

1. **عمليـــة الكتابـــة (Writing Process)**: تتضمَّن هذه العملية إرســـال المعلومات من جهاز الحاسوب إلى العلامة عبر الهوائي.
2. **عملية القـــراءة (Reading Process)**: تتضمَّن هذه العملية التقاط المعلومات من العلامة عبر الهوائي، ثمَّ إرسالها إلى جهاز الحاسوب عبر القارئ.

لا يتطلَّب اســـتخدام تقنية (RFID) وجود خطِّ رؤية أو تلامس مباشر: بين العلامة والقارئ. كذلك يُمكِن قراءة البيانات من مســـافات طويلة تبعًا لنوع العلامة، وقراءة علامات عديدة في آنٍ معًا؛ ما يُعزِّز الكفاءة والفعّالية في العمليات. يُذكَر أنَّ تقنية (RFID) تُناسِب بيئات التشغيل السريعة وبيئات التشغيل المُعقَّدة، مثل: المخازن، والمصانع.

استخدام إنترنت الأشياء في التنقُّل وتحديد المواقع:



يؤدّي إنترنت الأشـــياء (IoT) دورًا حوريًّا فـــي تطوير التنقُّل الذكـــي (Smart Mobility) وتطبيقـــات تحديـــد المواقع (Location Tracking)، وذلـــك بتوظيف العديد من التقنيات المُتقدِّمة التي تشـــمل الحسّاســـات، والذكاء الاصطناعي، والاتصال الســـحابي، ويُعَدُّ نظام تحديـــد المواقع العالمي (Global Positioning System: GPS) من أبرز هه التقنيات.

يعتمد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) على مبدأ رياضي يُعرَف باســـم التثليث (Trilateration)، ويقوم على استخدام الإشـــارات الواردة من ثلاثة أقمار صناعية – على الأقل – في تحديد الموقع الجغرافي لجسم مُعيَّن على سطح الأرض بدِقَّة عالية. وكلَّما زاد عدد الأقمار الصناعية المُستخدَمة (يُفضَّل استخدام أربعة أقمار أو أكثر)، تحسَّنت دِقَّة تحديد الموقع المُستهدَف بشكل ملحوظ،لا سيَّما في البيئات المُعقَّدة، مثل: المناطق الحضرية، والوديان.

يُعتمَد في حســـاب الموقع الجغرافي على موقع الأقمار الصناعية في المدار وقت الإرســـال، والمسافة بين كل قمر صناعي والجهاز المُستقبِل (GPS). بناءً على هذه المعطيات، يُمكِن للنظام حساب خطوط الطول (Longitude)، وخطوط العرض (Latitude)، والارتفاع (Altitude)، والزمن (Time).

لتطبيق مبدأ التثليث، يجب توافر شـــرطين أساســـيين، هما: تحديد الموقع التقريبي للجسم أو الشخص المطلوب، بحيث يُســـتهدَف من ثلاثة أقمار صناعية على الأقل. وحساب المسافات الدقيقة بين الجسم وجميع الأقمار الصناعية المشاركة في عملية التثليث.

نسخة قيد الإعداد

- **الأمان الرقمي**: أحرص على استخدام كلمات مرور قويَّة وفريدة لكل جهاز ذكي، مثل: المُوجِّه (الراوتر)، والكاميرات، وأنظمة الإضاءة الذكيـــة. كذلك أحرص على تحديث البرامج الثابتة (Firmware) للأجهزة بشكل مستمر؛ لضمان سَدِّ الثغرات الأمنية.
- الاستخدام المسؤول لتقنيات الحسّاســـات وRFID استخدم الحسّاسات وتقنيات RFID فقط للأغراض التعليمية والآمنة من دون تدخُّل في خصوصيات الآخرين، ولا أُحاوِل قراءة علامات (RFID) الخاصة بغيري أو العبث بها، ؛ إذ يُعَدُّ ذلك تجاوزًا للخصوصية.

أُقيم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

1. إنترنت الأشياء (IoT).

.....

2. الحسّاسات (Sensors).

.....

3. تقنية رقاقات (RFID).

.....

4. نظام التثليث (Trilateration).

.....

السؤال الثاني: أُعدِّد الخصائص الأساسية لنظام إنترنت الأشياء.

السؤال الثالث:

1. أُوضِّح مُكوِّنات نظام إنترنت الأشياء.
2. أرسم مُخطَّطًا يُوضِّح مُكوِّنات نظام (RFID).

نسخة قيد الإعداد

السؤال الرابع: أُعلِّل ما يأتي:

1. يُمكِن حماية أيِّ سلعة في أيِّ متجر باستخدام بطاقة (RFID المانعة للسرقة).

.....

2. تُستخدَم تقنية (RFID) في مجال الرعاية الصحية.

.....

.....

3. يُفضَّل استخدام أربعة أقمار صناعية أو أكثر في نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).

.....

.....

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أُقارِن بين وظيفة الحسّاسات (Sensors) ووظيفة رقاقات (RFID) في نظام إنترنت الأشياء، ثمَّ أُبيِّن كيف يختلف كلٌّ منهما من حيث آليَّة العمل ونوع البيانات المُرسَلة.

.....

.....

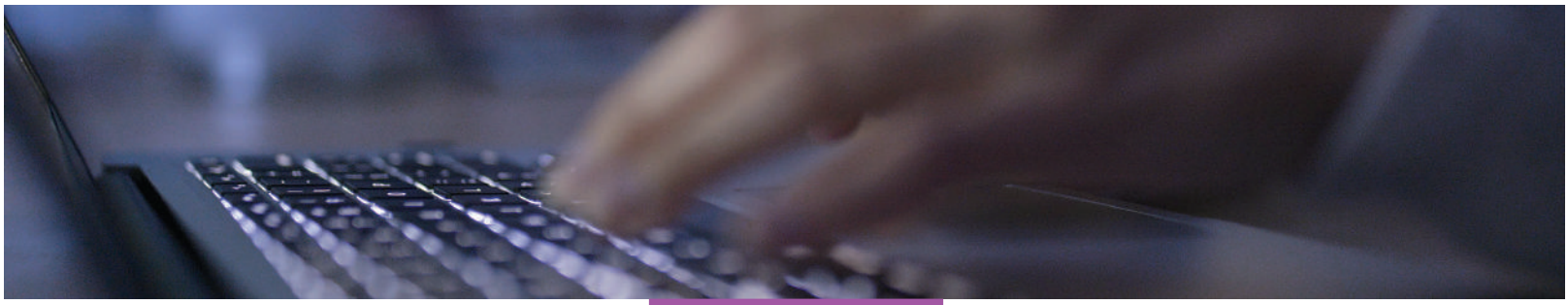
السؤال الثاني: إذا أردْتُ تصميم نظام إنترنت أشياء لمراقبة المخزون في مستودع كبير، فهل أُفضِّل استخدام الحسّاسات أم رقاقات (RFID)؟ أُبرِّر إجابتي، وأُضمِّنها تقييمًا لمزايا كل خيار ومُحدِّداته.

.....

.....

السؤال الثالث: أرغب في تصميم نظام ذكي لتتبُّع الحضور في مدرسة باستخدام تقنية (RFID). ما العناصر التي أحتاج إليها لتطبيق هذا النظام؟ أُوضِّح بإيجازٍ طريقة عمل النظام.

نسخة قيد الإعداد



الدرس الثاني

طبقات إنترنت الأشياء: الهيكلية، والوظيفة
(IoT Layers – Architecture and Functions)

الفكرة الرئيسة:

سأتعمَّق في هذا الدرس في موضوع طبقات أنظمة إنترنت الأشياء، وأتعرَّف أهمية وجود هذه الطبقات في تنظيم عمل أنظمة إنترنت الأشياء. كذلك سأستكشف أشهر البِنى المعمارية المُقترَحة لهذه الطبقات في أنظمة إنترنت الأشياء، مثل: بِنية الطبقات الثلاث، وبِنية الطبقات الخمس، وبِنية الطبقات السبع، وأُركِّز تحديدًا على بِنية الطبقات السبع، ثمَّ سأتعرَّف وظيفة كل طبقة من هذه الطبقات مُفصَّلةً، وكيف تتفاعل كلٌّ منها مع بقيَّة الطبقات في نظام مُتكامِل.

المفاهيم والمصطلحات:

طبقة الأشياء (Things Layer)، طبقة الاتصال (Connectivity Layer)، طبقة الحوسبة الطرفية/ الحوسبة الضبابية (Edge /Fog Computing Layer)، طبقة تجميع البيانات (Data Accumulation Layer)، طبقة تجريد البيانات (Data Abstraction Layer)، طبقة التعاون والعمليات (Collaboration and Processes Layer).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُعرِّف مفهوم الطبقات في نظام إنترنت الأشياء.
- أذكر مزايا الطبقات في نظام إنترنت الأشياء.
- أُعدِّد البِنى المُقترَحة لنظام إنترنت الأشياء.

نسخة تجريبية الإعداد

- أُوضِّح وظيفة كل طبقة في بِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء.
- أرسم نموذجًا لبِنية الطبقات السبع في نظام إنترنت الأشياء.
- أُقارِن بين البِنى المختلفة للطبقات في نظام إنترنت الأشياء.

يُعَدُّ نموذج إنترنت الأشـــياء (IoT) نظامًا مُتعدِّد الطبقات، وهو يهدف إلى دعم الاتصال الذكي بين مليارات الأجهزة ال ُزوَّدة بحسّاسات ومُعالِجات ووحدات اتصال. يرتبط هذا النموذج بمجموعة واســـعة من الأجهزة التي يُعتمَد عليها في مختلف تطبيقات الحيـــاة اليومية، مثل: المدن الذكية، والرعاية الصحية، والزراعة، والمَركَبات الذكية.

نشاط تمهيدي

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن نماذج بِنى الطبقات في أنظمة إنترنت الأشياء، أو أســـأل أحد برامج الذكاء الاصطناعي عن ذلك، ثمَّ أجيب عن السؤالين الآتيين:

- ما عدد الطبقات في كل نموذج؟
- ما أسماء هذه الطبقات؟

بعد ذلك أُناقِش أفراد مجموعتي في الأسئلة الآتية:

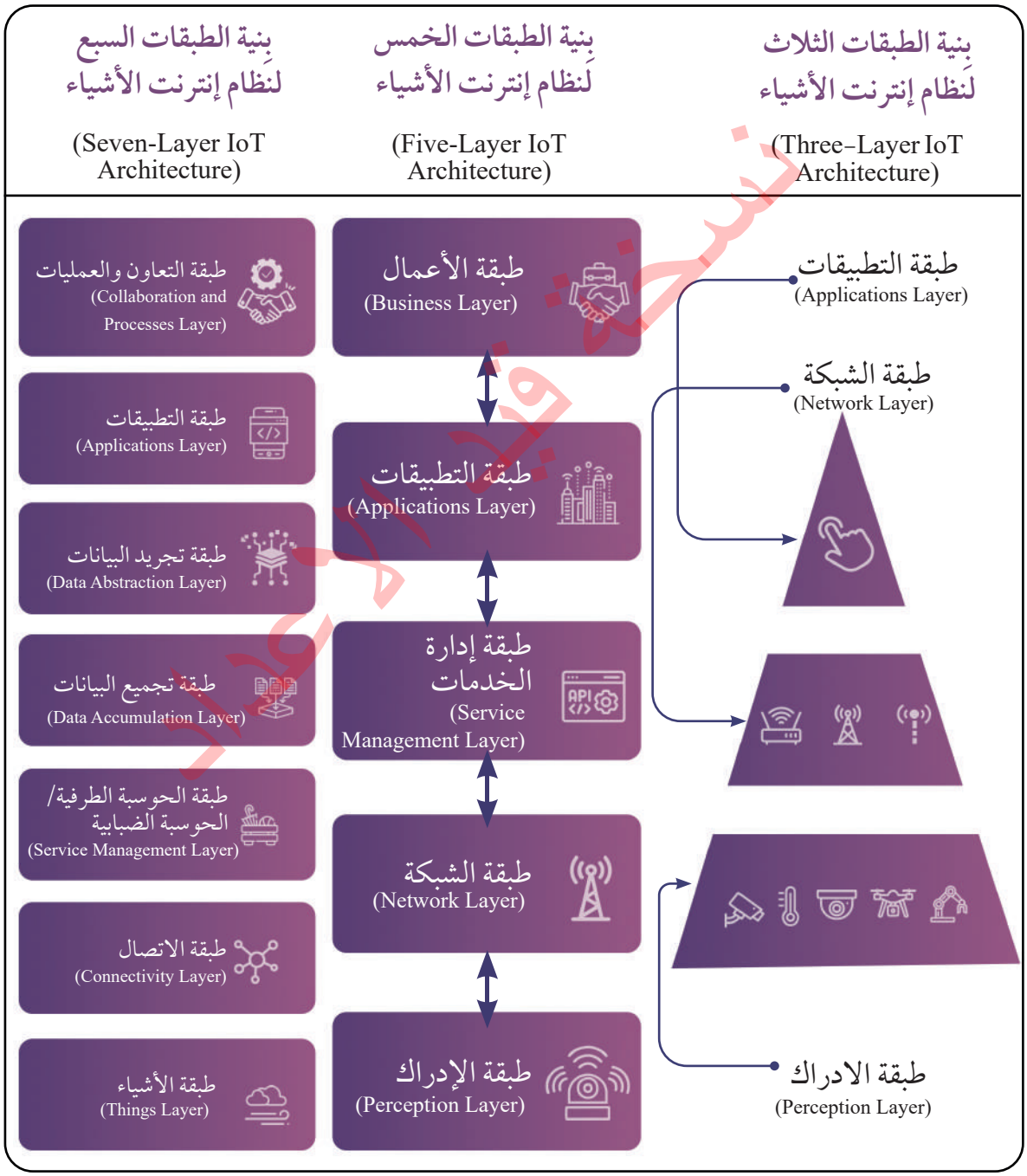
1. لماذا توجد بِنى عديدة مختلفة للطبقات في أنظمة إنترنت الأشياء؟
2. فيمَ يستفاد من هذا التنوُّع؟
3. هل يُعَدُّ ذلك مُؤشِّرًا للقوَّة أم الضعف في بِنية إنترنت الأشياء؟

نسخة قيد الإعداد

بِنى الطبقات في أنظمة إنترنت الأشياء:

لا توجد بِنية مُوحَّدة أو بِنية ثابتة لنظام إنترنت الأشياء؛ إذ تختلف التصاميم والهيكليات في النظام تبعًا لاختلاف المعايير. ونظرًا إلى هذا التنوُّع؛ فقد اقتُرِح العديد من نماذج بِنى الطبقات في نظام إنترنت الأشياء، مثل: بِنية الطبقات الثلاث، وبِنية الطبقات الخمس، وبِنية الطبقات السبع، علمًا بأنَّ كل بِنية تختلف عن غيرها من حيث عدد الطبقات، والوظيفة التي تؤدّيها.

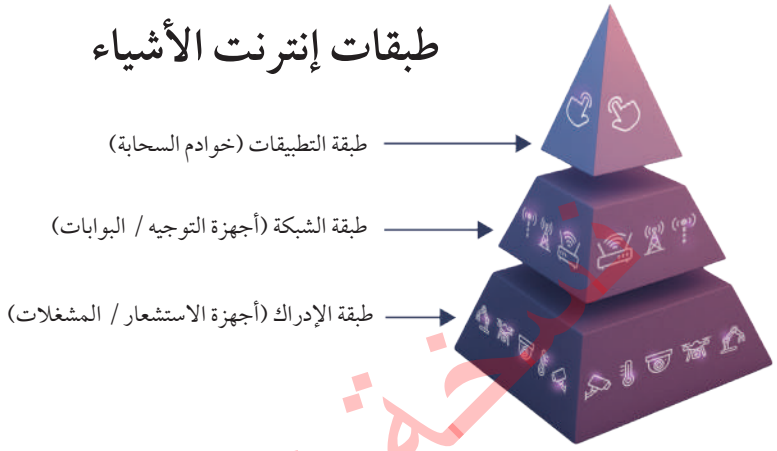
تُعَدُّ بِنية الطبقات الثلاث (Three-Layer IoT Architecture) الأساس الذي يُوضِّح الفكرة العامة لنظام إنترنت الأشياء، لكنَّها لا تفي بالغرض لجميع التطبيقات؛ فظهرت نماذج أكثر تفصيلًا، مثل: بِنية الطبقات الخمس، وبِنية الطبقات السبع؛ ما أسهم في معالجة البيانات بدِقَّة أكبر، وعزَّز من مناحي الأمن والأمان، وزاد من مستوى التكامل مع المُستخدِمين.



نسخة قبل الاعتماد

بِنية الطبقات الثلاث في إنترنت الأشياء (Three– Layer IoT Architecture):

تتكوَّن هيكلية نظام إنترنت الأشـــياء من ثلاث طبقات أساسية يُبيِّنها الشكل (2–1). أمّا الهدف من تقســـيم هيكلية هذا النظام إلى ثلاث طبقات فهو تبسيط فهم بِنية النظام، وإمكانية توسيع النموذج الذي يُمثِّله النظام ليشمل طبقات فرعية أُخرى.



الشكل (2–1): الطبقات التي تُؤلِّف هيكلية شبكة إنترنت الأشياء.

في ما يأتي توضيح لهذه الطبقات:

أوَّلًا: طبقة الإدراك/ الاستشعار (Perception Layer /Sensor Layer).

تُعَدُّ طبقة الإدراك الطبقة الأساســـية الدنيا في بِنية إنترنت الأشياء، وهي تقع في بداية سلسلة نقل البيانات، وتعمل على استشعار البيئة المحيطة، وجمع المعلومات من الكائنات أو الأشياء الذكية وتحديدها بشكل فريد داخل الشبكة.

تتمثَّل وظائف طبقة الإدراك في ما يأتي:

1. جمع البيانات من البيئة المحيطة أو من كائنات متصلة عن طريق استشعار البيئة.
2. تعرُّف الأشياء، وهُوِيَّتها، وموقعها، وحالتها.
3. نقل البيانات الأوَّلية إلى الطبقة العليا (طبقة الشبكة) لمعالجتها وتحليلها.

تُجمَع البيانات في طبقة الإدراك من الأجهزة الآتية:

1. **الحسّاســـات** (Sensors): أجهزة تُســـتخدَم لقياس بعض العناصر الفيزيائية، مثل: الحرارة، والرطوبة، والضوء، والحركة.

نسخة قيد الإعداد

2. **شبكات أجهزة الاستشعار اللاسلكية** (Wireless Sensors Networks: WSN): تُستخدَم هذه الشبكات في ربط الحسّاسات معًا، وإرسال البيانات لاسلكيًّا.
3. **علامات رقاقات** (RFID) (RFID tags): تُستخدَم هذه العلامات في تحديد الأشياء وتتبُّعها باستخدام موجات راديوية.
4. **الكاميرات**: آلات تُستخدَم لالتقاط صور ومقاطع فيديو يستفاد منها في المراقبة والتحليل.
5. **نظام تحديد المواقع العالمي** (GPS): نظام يعمل على تحديد الموقع الجغرافي للأشياء المتصلة.

ثانيًا: طبقة الاتصال (Communication Layer).

تُعَدُّ طبقة الاتصال الجسر الذي يربط بين ما يُجمَع من بيانات في طبقة الإدراك (الاستشعار) وما يُعالَج ويُقدَّم في طبقة التطبيقات باستخدام الشبكات والبروتوكولات المختلفة.

يُمكِن إجمال وظائف طبقة الاتصال في ما يأتي:

1. استقبال البيانات من طبقة الإدراك.
2. نقل هذه البيانات بشكل آمن وفعّال إلى طبقة التطبيقات.
3. توفير بروتوكولات الاتصال ومنهجيات الدعم الشبكي اللازم لأجهزة إنترنت الأشياء، مثل: العنونة، والتوجيه، وإدارة الجلسات.
4. تشغيل برامج وسيطة تعمل على إدارة البيانات، وتتوسَّط بين الأجهزة والتطبيقات. أنظر الجدول (2-1) الذي يُبيِّن التقنيات المُستخدَمة في طبقة الاتصال.

الجدول (2-1): تقنيات مُستخدَمة في طبقة الاتصال.

التقنية/ البروتوكول	الوظيفة الأساسية
NFC، Bluetooth، Zigbee، Wi-Fi	بروتوكولات اتصال لاسلكي قصيرة، أو بروتوكولات اتصال لاسلكي مُتوسِّطة المدى.
LTE، 4G، 5G، Ethernet	بروتوكولات اتصال بعيدة المدى، أو بروتوكولات اتصال سلكية.
TCP /IP، HTTP، CoAP، MQTT	بروتوكولات تنظيم نقل البيانات والتواصل بين الخوادم والأجهزة.

نسخة قيد الإعداد

ثالثًا: طبقة التطبيقات (Applications Layer).

تُعَدُّ طبقة التطبيقات الطبقة العليا في بِنية إنترنت الأشياء، وهي مسؤولة عن ترجمة البيانات المُجمَّعة والمعالجة من الطبقات السـابقة إلى خدمات وتطبيات ذكية يُمكِن للمُستخدِمين الاستفادة منها. تُمثِّل هذه الطبقة الواجهة الظاهرة للمُسـتخدِمين؛ إذ تجعل تقنيات إنترنت الأشياء تجربة ملموسة ومفيدة في الحياة اليومية، عن طريق تحويـل البيانات إلى قرارات أو إجراءات عملية. التطبيقات على المُكوِّنات الآتية:

1. **الحوسبة السحابية/ الحوسبة الطرفية** (Cloud /Edge Computing): تعمل الحوسبة السحابية والحوسـبة الطرفية على تخزين البيانات، وتحليلها، ومعالجتهـا بطرائق ذكية لدعم اتِّخاذ القرار، مثل (Microsoft Azre) و (Amazon AWS).
2. **التطبيقات/ واجهات المُستخدِم** (Applications /User Interfaces): يُمكِن للمُستخدِم التفاعل مع البيانات والأجهزة واتِّخاذ القرارات الذكية باستخدام التطبيقات وواجهات المُستخدِم، مثل: تطبيقات الهواتف، ولوحات التحكُّم، والمواقع الإلكترونية.
3. **أمن المعلومـات** (Information Security): يتمثَّل ذلك في حمايـة البيانات من الهجمات الإلكترونية، وتأمين الوصول الآمن، وتحديد الصلاحيات الممنوحة، مثل: التشفير، وكلمات المرور، والشبكة الافتراضية (VPN)، وجدار الحماية (Firewall).

تتلخَّص وظيفة طبقة التطبيقات في ما يأتي:

1. استقبال البيانات المعالجة من طبقة الاتصال.
2. تقديم خدمات ذكية مُخصَّصة بحسب نوع النظام واحتياجات المُستخدِم.
3. توفير واجهة تفاعلية بين المُستخدِم والنظام.
4. دعم اتِّخاذ القرار أو تنفيذ الأوامر بناءً على البيانات المُرسَلة من الأجهزة الذكية.

نشاط فردي

أُقارِن بين طبقات نظام إنترنت الأشياء من حيث المُكوِّنات، والوظائف، والأهمية، ثمَّ أُنظِّم البيانات في جدول، ثمَّ أُقارِن إجابتي بإجابات الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة غير للإعداد

بِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء (Seven-Layer IoT Architecture):

تتألَّف بِنية هذا النموذج من سبع طبقات، هي:

1- طبقة الأشياء (Things Layer):

تُمثِّل هذه الطبقة الواجهة المادية لأنظمة إنترنت الأشـــياء، وهي تحوي عددًا من الأجهزة الذكية، مثل: الهواتف، والحسّاسات، وآلات التصوير (الكاميرات)، وغير ذلك من الأجهزة القادرة على جمع البيانات من البيئة المحيطة وتحويلها إلى إشارات رقمية. ومن ثَمَّ، فإنَّ هذه الطبقة تدعم تنوُّعًا كبيرًا في الأجهزة من حيث الحجم، والنوع، ووظائف الاستشعار.

2- طبقة الاتصال (Connectivity Layer):

تُعْنى هذه الطبقة بنقل البيانـــات من الأجهزة إلى النظام عبر شـــبكات الاتصل، مثل: (Wi-Fi)، و(Bluetooth)، و(LoRa)، إضافةً إلى تنســـيق الاتصال الأفقي بين الأشياء الذكية، وضمان التوجيه الآمن والسلس للبيانات داخل شبكة الإنترنت.

3- طبقة الحوسبة الطرفية/ الحوسبة الضبابية (Edge /Fog Computing Layer):

ما إنْ تصل البيانات المطلوبة إلى النظام، حتّى تبدأ طبقة الحوسبة الطرفية في معالجة هذه البيانات معالجة أوَّلية، وذلك بإجراء العديد من العمليات التي تشمل تنسيق البيانات، وتعشيبها (تصفيتها)، وتحليلها جزئيًّا قرب مصدرها على طرف (حافة) الشبكة. يُطلَق على هذا النوع من المعالجة اسم الحوسبة الضبابية، وتُعَدُّ هذه الخطوة ضرورية لتقليل زمن الاستجابة، وتخفيف الضغط على مراكز المعالجة المركزية؛ ما يزيد من سرعة النظام، ويُحسِّن من كفاءته وفعّاليته بصورة كاملة.

4- طبقة تجميع البيانات (Data Accumulation Layer):

بعد الانتهاء من المعالجة الأوَّلية في طبقة الحوسبة الطرفية، تبدأ مرحلة جديدة في رحلة البيانات، هي مرحلة التجميع والتخزين. ففي هذه الطبقة التي تُرَف أيضًا باسم طبقة التخزين، تُستقبَل البيانات المُفلتَرة من الطبقات السابقة، ثمَّ تخضع لعمليات ترشيح إضافية، وصولًا إلى الاختيار الدقيق لِما ينبغي تخزينه. ومن ثَمَّ، فإنَّ هذه العمليات تهدف إلى تقليل حجم البيانات الكلي، والحفاظ - في الوقت نفسه- على المعلومات الضرورية والمعلومات القيِّمة.

تُخزَّن البيانات المختارة بشـــكل انتقائي بما يتناسب مع مُتطلَّبات التطبيقات، وبخاصة تلك التي لا تتطلَّب اســـتجابة فورية. ومن الجدير بالذكر أنَّ استقبال البيانات يتمُّ في الوقت الحقيقي (الفعلي) عادةً عبر واجهات برمجة التطبيقات (APIs)، ثمَّ تُحفَظ هذه البيانات في قواعد بيانات مناسبة، مثل: قواعد بيانات الصور، وقواعد بيانات مقاطع الفيديو، وقواعد بيانات القياسات عن بُعْد.

في هذه المرحلة، يجب التحقُّق من توافق البيانات مع أهداف النظام واحتياجاته، وتنظيمها بطريقة تضمن سرعة استرجاعها لاحقًا، وتهيئتها للاستخدام في التحليلات والتطبيقات المستقبلية. بعبارة أُخرى، فإنَّ هذه الطبقة تشكِّل حلقة الوصل بين المعالجة الأوَّلية والتخزين الطويل الأمد؛ ما يجعلها ركيزة أساسية مُهِمَّة في دعم كفاءة النظام وضمان استمراريته.

نسخة قيد الإعداد

5- طبقة تجريد البيانات (Data Abstraction Layer):

في هذه المرحلة، تصبح البيانات جاهزة للمعالجة المُوحَّدة؛ لذا تعمل طبقة تجريد البيانات على إزالة الفروق بين تنسيقات البيانات المختلفة، والتحقُّق من توافق البيانات وجعلها قابلة للمعالجة ضمن نظام مُوحَّد. كذلك تعمل هذه الطبقة على إدارة الوصول إلى البيانات، وتحديد مَنْ يُمكِنه الاطِّلاع عليها؛ لضمان التخزين الفعّال والاسترجاع السريع لهذه البيانات.

6- طبقة التطبيقات (Applications Layer):

تعمل طبقة التطبيقات على ترجمة البيانات المعالجة إلى وظائف عملية قابلة للتنفيذ؛ إذ يتمُّ في هذه الطبقة تفسير البيانات وَفقًا لطبيعة التطبيق المُستخدَم، حيث تختلف آليَّة التفسير تبعًا لاختلاف المجال المُستهدَف، مثل: التطبيقات الصحية، والتطبيقات الصناعية، والطبيقات المنزلية، والتطبيقات التعليمية. تبدأ هذه الطبقة باتقبال البيانات المعالجة من الطبقات السابقة، ثمَّ تستخدمها بحسب مُتطلَّبات كل تطبيق ولا شكَّ في أنَّ تنظيم البيانات وتحليلها بكفاءة، قبل الوصل إلى هذه الطبقة، يُسهِم في تقليل الجُهْد والكلفة المُرتبِطة بعمليات المعالجة المُتقدِّمة.

تتيح طبقة التطبيقات للمُستخدِمين التفاعل مع بيانات إنترنت الأشياء بشكل مباشر، والاستفادة منها في تنفيذ الأوامر ودعم القرارات والحصول على خدمات ذكية مُخصَّصة.

7- طبقة التعاون والعمليات (Collaboration and Processes Layer):

تُمثِّل طبقة التعاون والعمليات المستوى الأعلى في بِنية نظام إنترنت الأشياء؛ إذ تُحوَّل فيها البيانات المعالجة من الطبقات السابقة إلى إجراءات عملية أو قرارات تنفيذية. تتمثَّل وظيفة هذه الطبقة في تنسيق الاستجابة بناءً على تحليل البيانات، مثل تشغيل جهاز ميكانيكي تلقائيًّا عند استيفاء شرط مُعيَّن (تشغيل نظام تبريد عند ارتفاع درجة الحرارة مثلًا). تُوفِّر هذه لطبقة أيضًا ميزة التفاعل البشري؛ إذ تُمكِّن مختلف المُستخدِمين من الاتعاون واتِّخاذ قرارات مُشترَكة استنادًا إلى البيانات المُتوافِرة. كذلك تؤدّي هذه الطبقة دورًا أساسيًّا في تحقيق التكامل بين الأنظمة، وضمان سَيْر العمليات التشغيلية بفعّالي؛ما يجعلها ضرورية ولازمة في التطبيقات التي تتطلَّب استجابات فورية ومُنسَّقة، مثل: المصانع الذكية، وأنظمة الرعاية الصحية، والمدن الذكية، وسلاسل التوريد الذكية.

نسخة قيد الإعداد

نشاط جماعي

أُحلِّل – بالتعاون مع أفراد مجموعتي – الحالة الآتية، ثمَّ نُجيب معًا عن الأسئلة التي تليها:

"في مصنع ذكي لإنتاج الأغذية، يُستخدَم نظام إنترنت الأشياء في مراقبة درجة حرارة التخزين والتحكُّم فيها تلقائيًّا؛ إذ تعمل الحسّاسات على قياس درجة الحرارة كل (10) ثوانٍ، ثمَّ تُرسَل البيانات إلى النظام، حيث تُعالَج، ثمَّ يصدر أمر تلقائي بتشغيل نظام التبريد عند تجاوز درجة الحرارة حَدًّا مُعيَّنًا".

أ. ما اسم الطبقة التي تعمل على تحليل البيانات تحليلًا أوَّليًّا؟

ب. ما اسم الطبقة التي تتخذ القرار التنفيذي بتشغيل نظام التبريد؟

ج. أرسم مُخطَّطًا يُوضِّح تسلسل انتقال البيانات من الحسّاس وصولًا إلى إصدار قرار لتشغيل نظام التبريد.

د. إذا أراد المصنع أنْ يُرسِل إشعارات نصية إلى هواتف المسؤولين في حال فشل النظام، فأيُّ الطبقات يجب تعزيزها؟ أُبرِّر إجابتي.

ه. إذا افترضْتُ إيقاف طبقة الحوسبة الطرفية/ الحوسبة الضبابية مُؤقَّتًا، فما تأثير ذلك في النظام؟ هل سيتأثَّر أداء النظام؟ أُوضِّح ذلك.

و. ما أهمية وجود طبقة لتجريد البيانات في هذا النوع من الأنظمة؟

نشاط فردي

أدرس الحالة الآتية، ثمَّ أُجيب عن الأسئلة التي تليها:

"في مزرعة ذكية، يُراد تطوير نظام إنترنت أشياء يُمكِّنه متابعة حالة التربة (مثل: رطوبة التربة، وحرارة التربة)، وتشغيل نظام الريِّ تلقائيًّا عند الحاجة، وإرسال تنبيهات إلى المُزارِع عند حدوث أيِّ خلل".

1. أُحدِّد الطبقات الأساسية التي تَلزم هذا النظام من بين الطبقات السبع، ثمَّ أُبيِّن وظيفة كل طبقة في هذا السياق.
2. أرسم مُخطَّطًا يُوضِّح كيف تنتقل البيانات من الحسّاس في التربة وصولًا إلى تنفيذ الأمر بتشغيل نظام الريِّ.
3. أُوضِّح أهمية طبقة الحوسبة الطرفية/ الحوسبة الضبابية في هذا النظام؟ ماذا سيحدث إذا لم تكن هذه الطبقة موجودة؟ أُفسِّر إجابتي.
4. إذا أراد النظام تنبيه المُزارِع برسالة نصية يُرسِلها إلى هاتفه عند حدوث خلل ما في نظام الريِّ، فما الطبقة التي يجب تفعيلها في هذه الحالة؟ لماذا؟
5. أُناقِش مع الزملاء/ الزميلات في الصف كيف تُسهِم البِنية الطبقية في تحسين أداء هذا النوع من الأنظمة الذكية، وضمان استدامته.

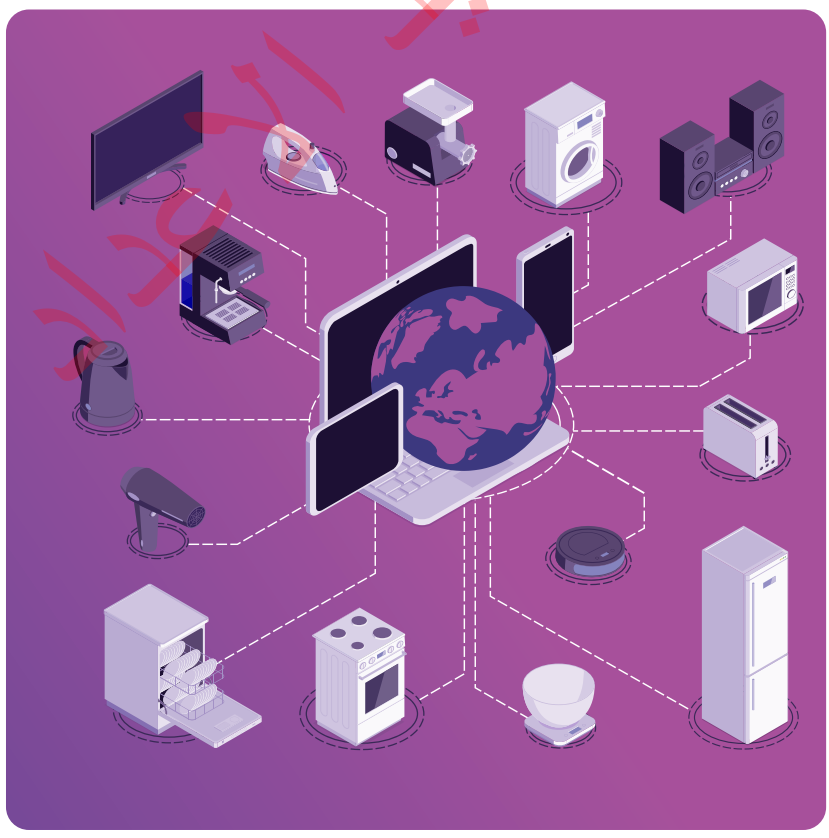
نسخة قيد الإعداد

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت أو غيرها من مصادر المعرفة المتاحة عن بِنى أُخرى من طبقات أنظمة إنترنت الأشياء، غير تلك التي تناولها الدرس، ثمَّ أختار بِنية واحدة جديدة على الأقل، وأُعِدُّ عرضًا تقديميًّا يتضمَّن اسم البِنية، وعدد الطبقات التي تتألَّف منها، واسم كل طبقة ووظيفتها (إنْ وُجِدت)، ثمَّ أُقدِّم العرض أمام الزملاء/ الزميلات في الصف.

المواطنة الرقمية

- **الوعي الرقمي**: أتحقَّق دائمًا من مصادر البيانات التي تُنقَل بين الطبقات الثلاث (الإدراك، الشبكة، التطبيقات)، وأتأكَّد أنَّها سليمة، وأنَّها تخلو من أيِّ روابط أو ملفات مشبوهة.
- **السلامة الرقمية**: أُدرِك أنَّ البيانات المنقولة عبر الشبكات قد تتعرَّض لمخاطر؛ لذا ألتزم باستخدام الشبكات الآمنة والمصادقة الموثوقة عند الاتصال بالأجهزة الذكية.



أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: فيمَ يستفاد من وجود طبقات لنظام إنترنت الأشياء؟

.....

.....

السؤال الثاني: أملأ الفراغ باسم الطبقة الصحيح لنظام إنترنت أشياء في الجمل الآتية:

1. أعلى الطبقات ف بِنية نظام إنترنت الأشياء، وهي تســـتقبل البيانات المعالجة من الطبقات السابقة، وتســـتخدمها وفق مُتطلَّبات التطبيقات التي تتيح للمُستخدِمين التفاعل مع البيانات في نظام إنترنت الأشياء. ( )
2. الطبقة المســـؤولة عن جمع البيانات من محيطها ومن الكائنات الأُخرى، وهي تعمل على تحديد الكائنات بشكل فريد داخل شبكات إنترنت الأشياء. ( )
3. الطبقة التي تُوفِّر مجموعة من بروتوكولات الاتصال ومنهجيات دعم الشبكة لأجهزة إنترنت الأشياء. ( )

السؤال الثالث: أرسم مُخطَّطًا يُوضِّح بِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء، ثمَّ أُبيِّن وظيفة كل طبقة من هذه الطبقات في مكانها المناسب.

.....

السؤال الرابع: أُعلِّل ما يأتي:

1. تُعَدُّ طبقة الحوسبة الضبابية واحدة من الطبقات المُهِمَّة ي الأنظمة الحديثة لإنترنت الأشياء.

.....

2. تعمل البِنية الطبقية في نظام إنترنت الأشياء على تعزيز الأمن والأمان.

.....

3. تُخزَّن البيانات في طبقة تجميع البيانات بصورة انتقائية.

.....

4. تُسهِم طبقة التعاون والعمليات في تحسن اتِّخاذ القرار داخل أنظمة إنترنت الأشياء.

.....

نسخة قيد الاعداد

5. توجد نماذج مختلفة من بِنى الطبقات لأنظمة إنترنت الأشياء.

.....

الســـؤال الخامس: أُحدِّد في الجدول الآتي الرقم والاسم لكل طبقة من الطبقات بحسب الوظيفة التي تؤدّيها، والتي ورد ذكرها في الجدول:

وظيفة الطبقة	رقم الطبقة واسمها
التخزين.	
التعامل مع البشر.	
تنسيق البيانات، وتقليصها، وفَكُّ تشفيرها، وتقييمها.	
جمع البيانات، وتحويلها إلى إشارات رقمية.	
تفسير البيانات.	
توحيد أوجه التنســـيق بين البيانات المختلفة، وإدارة أنواع مختلفة من البيانات، وتفويض الوصول إليها.	
الاتصال الأفقي بين الأشـــياء الذكية، ونقل البيانات الآمن بين المستويات المختلفة للشبكة، والعمل على توجيه هذه البيانات.	

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أبحث في شبكة الإنترنت عن بِنية الطبقات الخمس لنظام إنترنت الأشياء، ثمَّ أُعدِّد هذه الطبقات، وأُبيِّن وظيفة كلٍّ منها.

.....

.....

.....

نسخة قيد الإعداد

السؤال الثاني: في نظام ذكي لإدارة مواقف السيّارات في مدينة حديثة، استُخدِمت أجهزة استشعار للكشـــف عن المواقف الشاغرة، وإرســـال المعلومات إلى تطبيق في الهاتف يُرشِد السائقين إلى أقرب موقف متاح، إضافةً إلى عرض السعر والخدمات القريبة:

1. أربط كل طبقة من طبقات البِنية ذات سبع الطبقات بدور واضح في هذا النظام.

.....

2. أيُّ الطبقات ستكون أكثر عرضة للأعطال أو الهجمات السيبرانية؟ لماذا؟

.....

3. أقترح تطويرًا مُمكِنًا للنظام، ثمَّ أُحدِّد الطبقة التي يجب تعزيزها لتحقيق ذلك.

.....

السؤال الثالث: أُصمِّم فكرة مُبتكَرة يُستخدَم فيها إنترنت الأشياء لتحسين نظام الصحة المدرسية، وأُراعي فيها ما يأتي:

1. تحديد بِنية الطبقات التي سأستخدمها، وتبرير إجابتي.

.....

.....

2. حصر البيانات التي سيجمعها النظام.

.....

.....

3. توضيح كيفية انتقال البيانات خلال الطبقات.

.....

نسخة قيد الإعداد

الدرس الثالث

الشبكات اللاسلكية وتقنيات الاتصال المختلفة

(Wireless Networks and Communication Technologies

الفكرة الرئيسة:

سأتعرَّف في هذا الدرس بعض تقنيات الشبكات اللاسلكية المُستخدَمة في أنظمة إنترنت الأشياء، مثل: (Zigbee)، و(Bluetooth)، و(Wi-Fi). كذلك سأتعرَّف كيفية عمل كلٍّ من هـــذه التقنيات، وأهمَّ مزاياها، وتطبيقاتها العملية في ســـياق إنترنت الأشـــياء. بعد ذلك سأُقارِن بين هذه التقنيات من حيث نطـــاق التردُّد، ومُعدَّل نقل البيانات، واستهلاك الطاقة، والتكلفة، والمرونة، ومدى نقل البيانات.

المفاهيم والمصطلحات:

تقنية البلوتوث (Bluetooth)، تقنية الواي فاي (Wi-Fi)، تقنية زيجبي (Zigbee)، مُنسِّق (Zigbee) (Zigbee Coordinator).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أذكر بعض تقنيات الاتصال السلكي واللاسلكي، وأُحدِّد نوع الشبكة التي تُغطّيها (تشملها) كل تقنية.
- أُوضِّح المقصود بتقنية البلوتـــوث (Bluetooth)، وأُبيِّن مُكوِّناتها وآليَّة عملها، وأذكر أمثلة حياتية على استخدامها.
- أَصِـف تطبيقًا تُستخدَم فيه تقنية البلوتـوث (Bluetooth)، وأُبيِّـن دوره في حياتـي اليومية.
- أُوضِّح مُكوِّنات تقنية الواي فاي (Wi-Fi)، وآليَّة عملها.
- أُوضِّح المقصود بتقنية زيجبي (Zigbee)، وأُبيِّن مُكوِّناتها وآليَّة عملها.
- أذكر أمثلة حياتية على استخدامات بعض تقنيات الاتصال اللاسلكي، مثل تقنية زيجبي (Zigbee)، وتقنية الواي فاي (Wi-Fi).

نسخة قيد الإعداد

- أُقـــارِن بين تقنية الواي فاي (Wi-Fi) وتقنية البلوتـــوث (Bluetooth) وتقنية زيجبي (Zigbee) من حيث نطاق التردُّد، ومُعدَّل البيانات، واســـتهلاك الطاقـــة، والتكلفة، ومدى نقل البيانات، والمرونة، والقابلية للتوسُّع.

نشاط تمهيدي

هل سبق أنِ استخدمْتُ تقنيات اتصال لاســـلكي؟ إذا أجبْتُ بالإيجاب، فأُدوِّن أسماء هذه التقنيات، ثمَّ أُبيِّن الهدف من استخدامي لها، ثمَّ أتبادل المعلومات مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

تقنيات الاتصال اللاسلكي في إنترنت الأشياء (Internet of Things: IoT):

تحتاج الأجهزة الذكية – ضمن بيئة إنترنت الأشياء– إلى تبادل البيانات عبر شبكات مُتعدِّدة؛ لذا يُعَدُّ اختيار تقنية الاتصال المناســـبة عاملًا أساسيًّا مُهِمًّا لأداء هذه المهمة، وذلك اعتمادًا على مجموعة من المعايير، أبرزها: نطاق التغطية (الانتشار)، ومُعدَّل نقل البيانات، والكفاءة في استهلاك الطاقة. توجد مجموعة مُتنوِّعة من تقنيات الاتصال التي تفي باحتياجات تطبيقات إنترنت الأشياء؛ مايتيح تحقيق التوازن بين مُتطلَّبات الأداء والقيود البيئية والبِنيـــة التحتية المتاحة. أنظر الجدول (3-1) الذي يُبيِّن عددًا من تقنيات الاتصال، ونوع الاتصال في كل تقنية، ونوع الشبكة التي تُغطّيها التقنية.

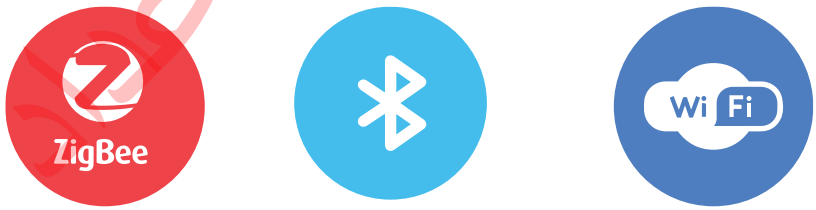
الجدول (3-1): أنواع تقنيات الاتصال في نظام إنترنت الأشياء.

اسم التقنية	نوع الاتصال	نوع الشبكة المُغطّاة	أمثلة على الاستخدامات
(USB).	سلكي (Wired).	– شبكة المنطقة الشخصية (Personal Area Network: PAN). القصيرة المدى ضمن نطاق يتراوح بين (10) م و(100) م.	– توصيـــل الأجهزة (مثل: الهواتـــف، والطابعـــات، وقرص الـــفلاش) بجهاز الحاسوب.
(Ethernet).	سلكي (Wired).	– شبكة المنطقة المحلية (Local Area Network: LAN).	– المكاتب. – المصانع. – وحدات التحكُّم الثابتة.
(Wi-Fi).	لاسلكي (Wireless).	– شبكة المنطقة المحلية اللاسلكية (Wireless Local Area Network: WLAN).	– الاتصال بشبكة الإنترنت في المنـــازل والجامعات والمستشفيات.

نسخة قيد الإعداد

(Bluetooth).	لاسلكي (Wireless).	– شبكة المنطقة الشخصية اللاسلكية (Wireless Personal Area Network: WPAN).	– السمّاعات اللاسلكية. – تتبُّع أنشطة اللياقة البدنية. – ربط الأجهزة المحمولة بعضها ببعض.
(Zigbee).	لاسلكي (Wireless).	– شبكة المنطقة الشخصية اللاسلكية (WPAN).	– أنظمة المنزل الذكي. – الإضاءة الذكية. – المُستشعِرات البيئية.
(RFID).	لاسلكي (Wireless).	– المجال القصير (Close-Range).	– تتبُّع المُنتَجات. – بطاقات الدخول. – إدارة المخازن.
(4G /3G /2G).	لاسلكي (Wireless).	– الشبكة الواسعة المدى (WAN). شبكات الاتصالات الخلوية.	– أجهزة إنترنت الأشياء (IoT) المحمولة. – تتبُّع سَيْر الحافلات. – التطبيقات الخارجية.

تُعَدُّ تقنية البلوتوث (Bluetooth)، وتقنية الواي فاي (Wi-Fi)، وتقنية زيجبي (Zigbee) من أكثر تقنيات الاتصال اللاسلكي شيوعًا في أنظمة إنترنت الأشياء. ولكنْ، أيُّ هذه التقنيات أنسب للاستخدام؟



واي فاي (Wi-Fi) بلوتوث (Bluetooth) زيجبي (Zigbee)

للإجابة عن هذا السؤال، لا بُدَّ من تعرُّف كل تقنية على حِدَة، وفهم خصائصها الفنية، جالات استخدامها. بعد ذلك، يُمكِننا المقارنة بينها وَفقًا لمُتطلَّبات النظام، مثل: استهلاك الطاقة، ومدى التغطية (الانتشار)، وسرعة نقل البيانات، والتكلفة؛ فنتمكَّن من اختيار أفضلها للوفاء باحتياجاتنا.

نسخة قيد الاعتماد

أوَّلًا: تقنية البلوتوث (Bluetooth):

تقنية اتصال لاسلكية قصيرة المدى، تعمل على توصيل الإشارات بين مختلف الأجهزة ضمن نطاق يصل إلى نحو (10) أمتار أو أقل، اعتمادًا على قوَّة الإشارة والبيئة المحيطة. تعتمد هذه التقنية على موجات الراديو التي يبلغ تردُّدها (2.4) جيجاهيرتز (GHz)، وقد طُوِّرت في الأصل لتمكين الهواتف المحمولة وأجهزة الحاسوب من نقل البيانات في ما بينها.

صُمِّم البلوتوث ليكون وسيلة اتصال لاسلكية ذات كفاءة عالية من حيث استهلاك الطاقة والتكلفة؛ ما يجعله مثاليًّا للاستخدام في التطبيقات التي تتطلَّب استهلاكًا مُنخفِضًا للطاقة، مثل أجهزة إنترنت الأشياء (IoT). كذلك يُوفِّر البلوتوث آليّات أمان مُتقدِّمة؛ ما يضمن النقل الآمن للبيانات بين الأجهزة المتصلة.

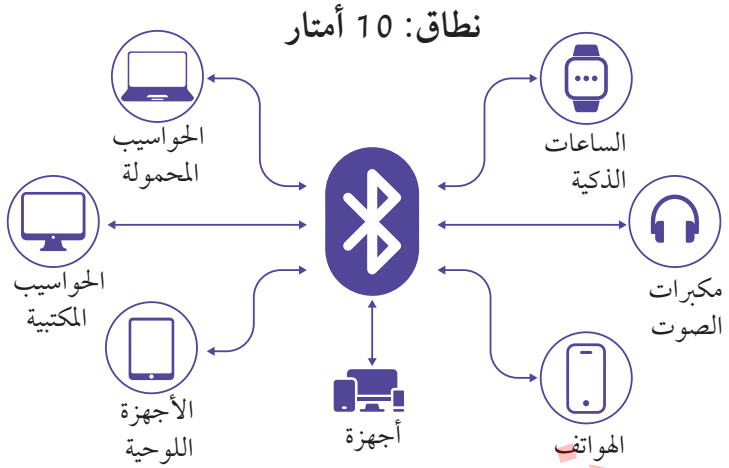
بوجه عام، تُعَدُّ تقنية البلوتوث واحدة من أكثر التقنيات كفاءة وموثوقية في مجال الاتصالات اللاسلكية القصيرة المدى.

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن سبب تسمية تقنية البلوتوث بهذا الاسم، ثمَّ أُشارِك ما أتوصَّل إليه من نتائج مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نسخة قيد الإعداد

آليَّة عمل تقنية البلوتوث (Bluetooth):



الشكل (3-1): آليَّة عمل البلوتوث.

تعتمد تقنية البلوتوث على آليَّة اتصال قصيرة المدى عبر موجات الراديو، وهي تعمل وَفق المبادئ الآتية:

1. **البثُّ الدوري**: تبثُّ الأجهزة الطرفية (مثل: السمّاعات، والحسّاسات) إشارات تعريفية بشكل منتظم عبر نطاق التردُّد (2.4) جيجاهيرتز (GHz)، وهو النطاق المُخصَّص للاتصالات ذات الطاقة المُنخفِضة.
2. **اكتشاف الأجهزة**: يبدأ الجهاز المركزي (مثل: الهاتف الذكي، والجهاز اللوحي) بمسح البيئة المحيطة بحثًا عن الأجهزة القابلة للاتصال، ثمَّ يُحدِّد الأجهزة المناسبة بناءً على إعدادات المُستخدِم وتفضيلاته.
3. **تأسيس الاتصال**: ما إنْ يتمُّ اكتشاف الجهاز المطلوب، حتَّى يُنشَأ رابط اتصال مُشفَّر بين الجهاز المركزي والجهاز الطرفي؛ ما يسمح بتبادل البيانات بشكل آمن.
4. **التفاعل والتحكُّم**: بعد الانتهاء من تأسيس الاتصال، يُمكِن للمُستخدِم إرسال العديد من الأوامر (مثل: تشغيل الأجهزة وإغلاقها، وإرسال البيانات) من جهازه المحمول للتحكُّم في العناصر المُرتبِطة؛ ما يُعزِّز تكامل أنظمة إنترنت الأشياء (IoT)، وبخاصة في البيئات المنزلية الذكية أنظر الشكل (3-1).

تطبيقات تقنية البلوتوث (Bluetooth) في أنظمة إنترنت الأشياء (IoT):

1. **المنازل الذكية** (Smart Homes): تُستخدَم تقنية البلوتوث للتحكُّم في الإضاءة، والتدفئة، وأجهزة التكييف، والأقفال الذكية، والأجهزة الصوتية، وأجهزة التلفاز عبر تطبيقات الهواتف المحمولة، مثل استخدام جهاز الهاتف المحمول لتشغيل نظام الصوت، وفتح الباب تلقائيًّا عند الاقتراب منه.

نسخة قيد الإعداد

يتطلَّب استخدام تقنية البلوتوث في المنزل الذكي توافر المُكوِّنات الآتية:

أ. **الأجهزة الطرفية:** تشمل هذه الأجهزة مجموعة من الأجهزة الذكية التي تدعم الاتصال بتقنية البلوتوث: مثـــل: الإضاءة، ومُنظِّمات درجة الحرارة، وكاميرات الأمان، وأقفال الأبواب، ومُكبِّرات الصوت.

ب. **الاتصال اللاسلكي** (Bluetooth): تُستخدَم تقنية البلوتوث في جميع المُكوِّنات للتمكُّن من إنشاء شبكة اتصال شـــخصية مُنخفِضة الطاقة، تتيح التفاعل بين المحور المركزي والأجهزة المختلفة من دون حاجة إلى وجود أسلاك.

ج. **تطبيقات التحكُّم في الأهزة:** يستطيع المُســـتخدِم أنْ يُشغِّل الأجهزة (مثل: الإضاءة، والتدفئة)، ويُديرها عن بُعْد باســـتخدام تطبيقات الهواتف الذكية الموصولة عبر تقنية البلوتوث.

د. **الأوامر الصوتية:** يُمكِن دمج المساعدات الذكية (مثل: Alexa، وGoogle Assistant) في النظام؛ ما يسمح بتنفيذ الأوامر باستخدام الصوت فقط.

ه. **خيارات (سيناريوهات) الأتمتة:** يُمكِن ضبط الإجراءات التلقائية (مثل تشغيل الأضواء عند دخول الغرفة) استنادًا إلى الجداول الزمنية أو استشعار الحركة؛ ما يُعزِّز من راحة المُستخدِم، ويزيد من كفاءة استخدام الطاقة.

2. **الرعاية الصحية** (Healthcare): يُمكِن اســـتخدام تقنية البلوتوث في تتبُّع المُؤشِّرات الحيوية باســـتخدام الأجهزة القابلة للارتداء (Wearables)، مثل ساعات تتبُّع نبض القلب، وإرسال البيانات مباشـــرة إلى تطبيقات الهواتف لمراقبة الحالة الصحية (مثل ربط جهاز قياس نسبة السكَّر في الدم بتطبيق صحي لتحليل البيانات) ومشاركتها مع الطبيب المُتخصِّص.

نسخة تجريبية لا تعتمد

3. **السيّارات الذكية** (Smart Vehicles): تُستخدَم تقنية البلوتوث في الاتصال بين الهاتف المحمول والسيّارة بهدف تشغيل الوسائط أو الرَّدِّ على المكالمات من دون استخدام اليدين. كذلك تُستخدَم تقنية البلوتوث في مفاتيح السيّارات الذكية (Keyless Entry).

4. **الصناعة والمخازن** (Industrial IoT): يُمكِن مراقبة الآلات لحظيًّا (في الوقت الحقيقي) باستخدام حسّاسات تعمل بتقنية البلوتوث، إضافةً إلى تتبُّع الأصول داخل المخازن الكبيرة عبر إشارات (Bluetooth Low Energy).

5. **التعليم الذكي** (Smart Education): تُستخدَم تقنية البلوتوث في مشاركة البيانات أو الملفات بين الأجهزة داخل الصفوف الدراسية، وفي ربط لوحات العرض التفاعلية والأجهزة اللوحية بالتطبيقات التعليمية.

نشاط فردي

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت، أو بناءً على ملاحظاتي الشخصية، عن تطبيقين – على الأقل – لم يَرِدْ ذكرهما في الدرس، وتُستخدَم فيهما تقنية البلوتوث في الحياة اليومية، ثمَّ

أُجيب عن الأسئلة الآتية:

1- ما اسم التطبيق أو الجهاز الذي تُستخدَم فيه تقنية البلوتوث (Bluetooth)؟

2- فيمَ يستفاد من استخدام تقنية البلوتوث (Bluetooth) في هذا التطبيق أو الجهاز؟

3- كيف تعمل تقنية البلوتوث (Bluetooth) في هذا السياق؟

بعد ذلك أُدوِّن الإجابات التي أتوصَّل إليها، ثمَّ أُشارِكها مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة قيد الإعداد

إضاءة

تقنية البلوتوث الذكي (Bluetooth Smart) أو تقنية البلوتوث المُنخفِض الطاقة (Bluetooth Low Energy): تقنية استُخدِمت أوَّل مَرَّة عام 2024م بديلًا عن البلوتوث العادي. وفيها تصل سرعة نقل البيانات إلى (1) ميجابايت لكل ثانية فقط، وتُستهلَك فيها طاقة أقل مقارنةً بالبلوتوث العادي، وقد ازداد الطلب على استخدامها في أنظمة إنترنت الأشياء؛ نظرًا إلى استهلاكها طاقة أقل من تلك التي تُستهلَك في البلوتوث العادي، وطول عمر بطّاريتها.

ثانيًا: تقنية الواي فاي (Wi-Fi):

تُعَدُّ تقنية الواي فاي (Wi-Fi) إحدى أشـــهر تقنيات الاتصال اللاسلكي وأكثرها استدامًا في حياتنا اليومية. وقد اســـتُخدِمت هذه التقنية أوَّل مَرَّة في هاواي عـــام 1971م لربط الجُزُر بعضها ببعض عبر شبكات لاسلكية. تُســـتخدَم في تقنية الواي فاي (Wi-Fi) موجات الراديو ضمن نطاق التردُّد (2.4) جيجاهيرتز (GHz) ونطاق التردُّد (5) جيجاهيرتز (GHz) لتوفير اتصال عالي السرعة بشبكة الإنترنت من دون حاجة إلى أكبال مادية، ومدى تغطية (انتشار) يصل إلى (50) مترًا.

صحيحٌ أنَّ تقنية الواي فاي (Wi-Fi) لم تُصمَّم أساسًـــا لأنظمة إنترنت الأشـــياء، لكنَّها أصبحت عنصرًا رئيسًا في ربط الأجهزة الذكية بشـــبكة الإنترنت؛ ما يتيح إرسال البيانات واستقبالها بكفاءة وفعّالية.

تمتاز تقنية الواي فاي (Wi-Fi) عن غيرها من تقنيات الاتصال اللاسلكي بما يأتي:

1. **السرعة العالية في نقل البيانات:** تُناسِب تقنية الواي فاي (Wi-Fi) التطبيقات التي تتطلَّب نقل كَمٍّ هائل من البيانات، مثل بثِّ مقاطع الفيديو المباشرة من كاميرات الأمان.
2. **الانتشـــار الواسع والتوافر الكبير:** تُســـتخدَم تقنية الواي فاي (Wi-Fi) على نطاق واسع في المنازل والمدارس والمكاتب والمصانع، وهي تَصْلح للاســـتخدام في المساحات الكبيرة نسبيًّا.

بالرغم من ذلك، **فإنَّ تقنية الواي فاي (Wi-Fi) تُواجِه تحدِّيات عديدة، أبرزها ارتفاع استهلاك الطاقة مقارنةً بغيرها من التقنيات، مثل تقنية زيجبي (Zigbee) وتقنية البلوتوث (Bluetooth)؛ ما يجعلها** أقل مُلاءَمة للأجهزة الصغيرة، أو الأجهزة التي تعمل بالبطّاريات، مثل: الحسّاســـات، وأجهزة القياس البعيدة. غير أنَّ موثوقية تقنية الواي فاي (Wi-Fi) وسرعتها العالية تجعلانها خيارًا مُفضَّلًا وناجعًا في التطبيقات التي تتطلَّب اتصالًا مستمرًّا ونقلًا مُكثَّفًا للبيانات؛ ما يُفسِّر سبب استخدامها بكثرة في أنظمة المراقبة والمنازل الذكية وأنظمة إدارة المباني ضمن البيئات الخاصة بإنترنت الأشياء.

آليَّة عمل تقنية الواي فاي (Wi-Fi):

تعتمد شبكات الواي فاي (Wi-Fi) في عملها على جهاز محوري يكون عادةً جهاز توجيه لاسلكيًّا يُســـتخدَم في نقل البيانات بين شبكة الإنترنت والأجهزة المتصلة؛ إذ يُرسِل جهاز التوجيه البيانات المطلوبة ويســـتقبلها عبر الموجات الراديوية التي تنتقل في الهواء وصولًا إلى الأجهزة المُحدَّدة، مثل: الهواتـــف الذكية، وأجهزة الحاســـوب، والأجهزة اللوحية: يتيح هـــذا النوع من الاتصال للمُستخدِمين التحرُّك بحرية داخل منطقة التغطية (الانتشـــار)، مع الحفاظ المستمر على اتصال

نسخة قيد الإعداد

مستقر؛ إذ يتصل جهاز التوجيه اللاسلكي بمُزوِّد خدمة الإنترنت (Internet Service Provider ISP) الذي يتيح الوصول إلى شـــبكة الإنترنت. كذلك يُنشِئ هذا الجهاز شبكة لاسلكية يُمكِن للأجهزة مشـــاركتها والاتصال بها عن طريق إدخال كلمات مرور مُعيَّنة. ويضمن هذا التشفير نقل البيانات بأمان عبر الشبكة، ويَحول دون الوصول غير المُصرَّح به. أنظر الشكل (3-2).

إضاءة

يوجد اعتقاد شائع مفاده أنَّ مصطلح الواي فاي (Wi-Fi) هو اختصار للكلمتين الإنجليزيتين (Wireless Fidelity)، وهـــذا غيـــر صحيح؛ فالواي (Wi-Fi) اســـم لعلامة تجارية أطلقته شركة التســـويق (Interbrand)، وخصَّت به منظمة (Wi-Fi Alliance) بهدف الترويج لمعيار (IEEE 802.11) للاتصالات اللاسلكية.

تطبيقات تقنية الواي فاي (Wi-Fi) في أنظمة إنترنت الأشياء (IoT):

تُستخدَم تقنية الواي فاي (Wi-Fi) في أنظمة إنترنت الأشياء (IoT)، ويشمل ذلك غالبًا التطبيقات التي تتطلَّب اتصالًا دائمًا وسرعةً عاليةً في نقل البيانات، مثل:

1. **المؤتمرات المرئية** (Video Conferencing): يُعَدُّ هذا النوع من المؤتمرات أحد أبرز التطبيقات التي تُستخدَم فيها تقنية الواي فاي (Wi-Fi)؛ ذلك أنَّها تتيح التواصل بالصوت والصورة مع أشـــخاص في أماكن مختلفة من العالَم دون اجة إلى توصيلات مادية مثل الأكبال. ففي أثناء اســـتخدام مِنصّات الفيديو (مثل: Zoom، وSkype، وGoogle Meet، وMicrosoft Teams)، يتمُّ الاعتماد على اتصال واي فاي (Wi-Fi) ثابت وقوي؛ لأنَّ هذه التطبيقات تنقل إشـــارات الصوت والصورة في الزمن الحقيقي (الفعلي).

نسخة قيد الإعداد

2. **الروبوتات المنزليـــة** (Home Robots): يتصل هذا النوع من التطبيقات بشـــبكة الواي فاي (Wi-Fi) لتلقّي الأوامر أو التحديثات، وهي تعمل تلقائيًّا على جدولة عملية التنظيف وتتبُّع الأداء عن طريق الهاتف الذكي.
3. **الطابعات الذكية** (Wi-Fi Printers): يُربَط هذا النوع من الطابعات بالشبكة المنزلية أو الشبكة المكتبية لاســـتقبال أوامر الطباعة من أيِّ جهاز متصل بالشبكة؛ ما يُسهِّل عملية الوصول إلى الطابعة من دون حاجة إلى وجود كَبْل.
4. **أنظمة المراقبة الأمنية** (Smart Surveillance Systems): تُســـتخدَم الكاميرات الذكية المتصلة بشـــبكة الواي فاي (Wi-Fi) لنقل مقاطع الفيديو مباشـــرة إلى تطبيقات الهاتف أو أنظمة التخزين السحابية؛ ما يتيح مراقبة المنازل والشركات على مدار الساعة من أيِّ مكان باستخدام الإنترنت.
5. **الأجهزة الطبية الذكيـــة** (Smart Healthcare Devices): يُمكِن لهذا النوع من الأجهزة (مثل: أجهزة مراقبة الجلوكوز، وأجهزة ضغط الدم) إرسال البيانات مباشرة إلى الأطباء عبر شبكة الواي فاي (Wi-Fi)؛ ما يسمح بمتابعة حالة المريض الصحية عن بُعْد.

نشاط فردي

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت، أو بناءً على ملاحظاتي الشخصية، عن تطبيقين لم يَرِدْ ذكرهما في الدرس، وتُســـتخدَم فيهما تقنية الواي فاي (Wi-Fi) في الحياة اليومية، ثمَّ

أُجيب عن الأسئلة الآتية:

1- ما اسم التطبيق أو الجهاز الذي تُستخدَم فيه تقنية الواي فاي (Wi-Fi)؟
2- فيمَ يستفاد من استخدام تقنية الواي فاي (Wi-Fi) في هذا التطبيق أو الجهاز؟
3- كيف تعمل تقنية الواي فاي (Wi-Fi) في هذا السياق؟
4- ما نوع الأجهزة التي تتصل بالشبكة؟
5- ما نوع البيانات التي يتمُّ نقلها؟
6- ما سبب اختيار تقنية الواي فاي (Wi-Fi) لهذا التطبيق أو الجهاز؟

بعـــد ذلك أُدوِّن الإجابات التي أتوصَّل إليها، ثمَّ أُشـــارِكها مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة قيد الاعتبار

ثالثًا: تقنية زيجبي (Zigbee):

ظهرت تقنية زيجبي (Zigbee) أوَّل مَرَّة عام 2004م بعد تحالف (Zigbee Alliance)؛ وهو ائتلاف يضمُّ مئات الشركات العالمية التي تعمل على تطوير حلول الاتصال اللاسلكي المُنخفِض الطاقة ودعمها. وقد صُمِّمت تقنية زيجبي (Zigbee) لتكون معيارًا موثوقًا به في الاتصالات اللاسلكية التي تتطلَّب استهلاكًا مُنخفِضًا للطاقة ومُعدَّلًا بسيطًا لنقل البيانات.

تعمل هذه التقنية ضمن نطاق التردُّد (2.4) جيجاهيرتز (GHz) عالميًّا، وضمن نطاق التردُّد (868) جيجاهيرتز (GHz) في أوروبا، وضمن نطاق التردُّد (915)جيجاهيرتز (GHz) في أمريكا الشمالية. تعتمد تقنية زيجبي (Zigbee) على الشبكات المُتشابِكة (Mesh Network)؛ وهي شبكات ذاتية التنظيم تسمح للأجهزة بتمرير البيانات في ما بينها عن طريق عُقَد عديدة؛ ما يُعزِّز مدى الاتصال والاستقرار، حتّى في حال وجود أيِّ عوائق أو مسافات.

تُعَدُّ هذه التقنية خيارًا مثاليًّا لتطبيقات إنترنت الأشياء (IoT) التي تتطلَّب اتصالًا موثوقًا به واستهلاكًا مُنخفِضًا للطاقة؛ فهي تدعم اتصال نحو (65000) جهاز في الشبكة الواحدة؛ ما يجعلها مناسبة للبيئات الواسعة، مثل: المنازل الذكية والمصانع، أمّا مدى الاتصال بين الأجهزة في الشبكة الواحدة فيتراوح بين (10) م و (100) م، وهو يختلف تبعًا لاختلاف العوامل البيئية، مثل: الجدران، والعوائق.

تمتاز تقنية زيجبي (Zigbee) بأنَّها تُوفِّر اتصالًا مستقرًّا على المدى الطويل؛ ما يجعلها مناسبة للأجهزة التي تعمل بالبطّارية، وتحتاج إلى تشغيل دائم، من دون حاجة إلى الشحن المُتكرِّر. وبالمثل، فإنَّ اعتمادها على بِنية الشبكة المُتشابِكة يُعزِّز من موثوقية الاتصال؛ إذ تُمرَّر البيانات خلال عدد من الأجهزة في حال حدث انقطاع في الإشارة أو ضعف فيها، من دون حاجة إلى وجود سرعات عالية لنقل البيانات، مثل: أجهزة التحكُّم في الإضاءة، والحسّاسات البيئية.

هيكل تقنية زيجبي (Zigbee) ومُكوِّناتها الأساسية:

تمتاز شبكة زيجبي (Zigbee) باستهلاكها كمية صغيرة جدًّا من الطاقة، ومن ثَمَّ يُمكِن للتطبيقات الفردية أنْ تعمل مُدَّة عام واحد أو عامين اثنين باستخدام بطّارية صغيرة مُثبَّتة. يعتمد هذا الأداء الفعّال على هيكل الشبكة الذي يتألَّف من ثلاثة مُكوِّنات رئيسة، هي

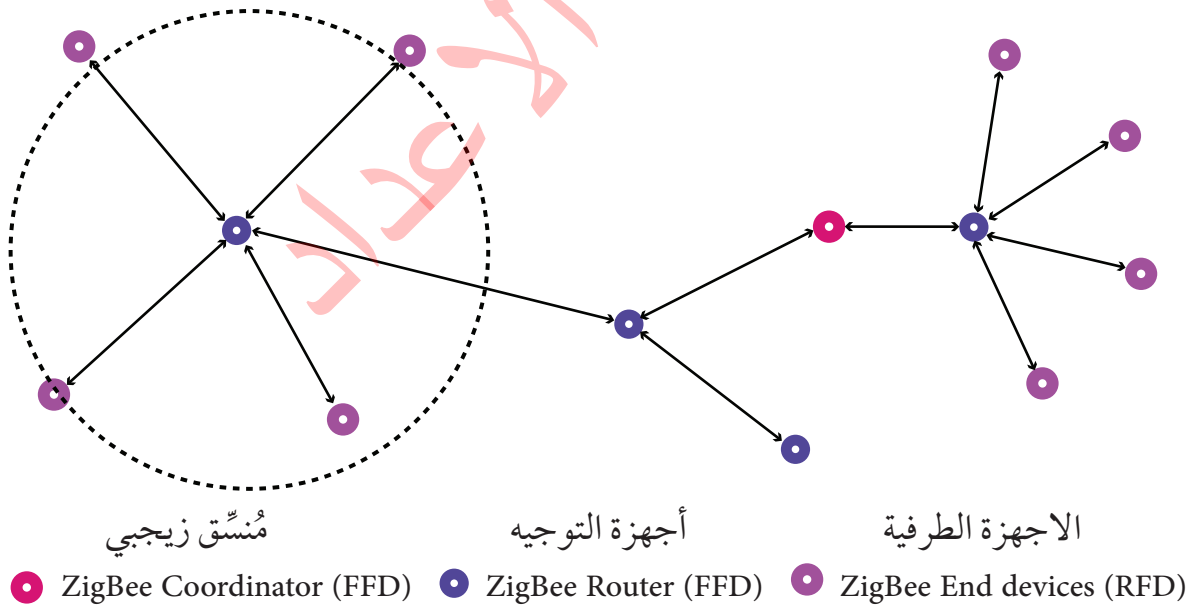
1. **مُنسِّق زيجبي** (Zigbee) (Zigbee Coordinator): يُعَدُّ هذا المُكوِّن العقل المُدبِّر لشبكة زيجبي (Zigbee)؛ ذلك أنَّه المسؤول الأوَّل عن إدارة هذه الشبكة بصورة كاملة، بما في ذلك إنشاء الشبكة وتنظيمها، وتخزين البيانات ومعالجتها، وضمان أمان الشبكة:عن طريق التحكُّم في

نسخة قيد الإعداد

عمليات الانضمام، والاحتفاظ بسجلّات الأجهزة المتصلة، ومراقبة الأجهزة التي فقدت الاتصال، والعمل على إعادة دمجها عند الحاجة، علمًا بأنَّه يُشترَط وجود مُنسِّق واحد فقط في كل شبكة زيجبي (Zigbee).

2. **أجهزة التوجيه** (Routers): تعمل هذه الأجهزة بوصفها مُكوِّنات وسيطة تربط أقسام الشبكة بعضها ببعض، وتُستخدَم لتوسيع التغطية الجغرافية للشبكة. تُمرِّر أجهزة التوجيه حُزَم البيانات بين الأجهزة الطرفية أو بين جهاز طرفي والشبكة. وقد تضمُّ الشبكة عددًا من أجهزة التوجيه بحسب الحاجة؛ ما يُعزِّز من قوَّة الاتصال والمرونة في توزيع العُقَد.

3. **الأجهزة الطرفية** (End Devices): تعمل هذه الأجهزة عادةً بوصفها أجهزة استشعار: كأجهزة تراقب البيانات، وتجمعها من البيئة المحيطة، مثل: درجة الحرارة، والحركة، والضوء. تعمل الأجهزة الطرفية غالبًا بالطاقة المُنخفِضة أو بالبطّاريات، ويُمكِنها الدخول في وضع السكون للحفاظ على الطاقة في حال عدم وجود نشاط يتطلَّب المراقبة. يُذكَر أنَّ الأجهزة الطرفية لا تُوجِّه البيانات إلى غيرها، بل تتصل فقط بمُنسِّق الشبكة أو المُوجِّه القريب منها. أنظر الشكل (3-3).



الشكل (3-3): هيكل مُكوِّنات تقنية زيجبي (Zigbee)

نسخة قيد الإعداد

نشاط فردي

أقـــرأ الجمل الآتية بعناية، ثمَّ أُحدِّد في كلٍّ منها اســـم المُكوِّن المســـؤول في تقنية زيجبي (Zigbee):

1. مُكوِّن مسؤول عن بَدْء الشبكة، والتحكُّم في انضمام الأجهزة الأُخرى إليها.
2. مُكوِّن يُمرِّر البيانات بين الأجهزة الطرفية والمُنسِّق لتوسيع مدى الشبكة.
3. مُكوِّن يظلُّ عادةً في وضع السُّبات مُدَدًا طويلةً للحفاظ على الطاقة، ويعمل فقط عند وجود حاجة إلى الإرسال أو الاستقبال.
4. مُكوِّن يتصل اتصالًا مباشرًا بالمُنسِّق أو بأجهزة توجيه أُخرى، لكنَّه لا يُنشِئ شبكة مستقلة.
5. مُكوِّن لا يستطيع أنْ يعمل وحده من دون وجود مُنسِّق في الشبكة.

بعـــد ذلك أُدوِّن الإجابات التي أتوصَّل إليها، ثمَّ أُشـــارِكها مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

بعض تطبيقات تقنية زيجبي (Zigbee):

يوجد العديد من التطبيقات التي تُستخدَم فيها تقنية زيجبي (**Zigbee**)، وهذه أبرزها

1. **الأنظمة الصحية:**

تُستخدَم قنية زيجبي (Zigbee) على نطاق واسع في القطاع الطبي؛ إذ تُوفِّر هذه التقنية مِنصَّة فعّل وآمنة لتبادل بيانات المرضى الحيوية، إضافةً إلى ضمان الخصوصية، والحفاظ على سلامة المعلومات. يُمكِن لتقنية زيجبي (Zigbee) دعم عدد كبير من الأجهزة الطبية بالوقت نفســـه؛ ما يُمكِّن مُقدِّمي الرعاية الصحية من مراقبة العديد من المرضى بكفاءة عالية. ه تمتاز باستهلاكها المُنخفِض للطاقة؛ ما يطيل عمر بطّاريات الأجهزة الطبية، ويُقلِّل الحاجة إلى استبدالها أو إعادة شحنها. وهذا أمر مُهِّم جدًّا عند زراعة الأجهزة أو استخدامها زمنًا طويلًا، وهو يتيح مراقبتها باستمرار من دون التسبُّب في إزعاج المرضى، أو توقُّف الأجهزة عن العمل.

2. **المنازل الذكية** (Sm Homes):

تُستخدَم تطبيقات عِدَّة في أنظمة المنازل الذكية، وهذه أبرزها:

أ. **أنظمة الإضاءة الذكية:** تُســـتخدَم تقنية زيجبي (Zigbee) في توصيل المصابيح الذكية بالمحور المركزي، بحيث يُمكِن تشغيل هذه المصابيح وإطفاؤها وتعديل شِدَّة إضاءتها عن طريق الهاتف الحمول أو باستخدام الأوامر الصوتية.

ب. **أقفال الأبواب الذكية:** تتيـــح تقنية زيجبي (Zigbee) فتح الأبـــواب وإغلاقها عن بُعْد باستخدام تطبيق الهاتف المحمول، إضافةً إلى إرسال إشعارات فورية عند محاولة فتحها لدخول المنزل.

نسخة قيد الإعداد

3. **أنظمة الأمن والمراقبة** (Security Systems):

من الأجهزة التي تُستخدَم في أنظمة الأمن والمراقبة، وتعتمد على تقنية زيجبي(Zigbee):

أ. **أجهزة الاستشعار** (Sensors) **يُمكِن لأجهزة االستشعار ملاحظة أيِّ حركة وتتبُّعها، مثل:** مُستشعِرات الحركة، ومُستشعِرات فتح النوافذ والأبواب؛ إذ تعمل هذه الأجهزة على إرسال إشـــعارات إلى الهاتف المحمول عند حدوث أيِّ نشاط غير طبيعي في المكان المُستهدَف.

ب. **كاميرات المراقبة اللاسلكية:** تتصل هذه الكاميرات بالمركز عبر تقنية زيجبي (Zigbee) لنقل التنبيهات، أو لتشغيل الإنذارات.

4. **الزراعة الذكية** (Smart Agriculture):

من الأمثلة على التطبيقات التي تُستخدَم في الزراعة الذكية، وتعتمد على تقنية زيجبي (Zigbee):

أ. **حسّاسات الرطوبة ودرجة الحرارة في التربة:** تعمل هذه الحسّاسات على جمع البيانات من الحقول، ثمَّ إرســـالها إلى النظام المركزي لاتِّخاذ قرارات بخصوص عملية الريِّ التلقائية.

ب. **أنظمة الريِّ التلقائي:** تعتمد هذه الأنظمة على البيانات المُرسَلة من الحسّاسات لضَخِّ المياه اللازمة أو إيقاف عملية ضَخِّها بحسب الحاجة.

نشاط فردي

أُبيِّن مزايا اســـتخدام كل تقنية من تقنيات الاتصال اللاسلكي (WI-FI ،Zigbee ،Bluetooth) **في أنظمة إنترنت الأشياء** (IoT) **الآتية:**

1- نظام النقل الذكي.

2- نظام توفير الطاقة الذكي.

3- نظام الأمان الذكي في المنزل.

بعد ذلك أُنظِّم البيانات والإجابة في جدول، ثمَّ أُقارِنها بإجابات الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة قيد الإعداد

المقارنة بين تقنية (Bluetooth)، وتقنية (Wi-Fi)، وتقنية (Zigbee)

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ تقنية البلوتوث (Bluetooth) وتقنية الواي فاي (Wi-Fi) وتقنية زيجبي (Zigbee) هي من أبرز تقنيات الاتصال اللاسلكي المُستخدَمة في أنظمة إنترنت الأشياء (IoT)، وأنَّها جميعًا تُوفِّر اتصالًا قصير المدى بين الأجهزة المختلفة، لكنَّها تتباين من حيث الكفاءة، واستهلاك الطاقة، وسرعة البيانات، ومدى الاستخدام. ومن ثَمَّ، فإنَّ اختيار أنسب التقنيات يعتمد على طبيعة التطبيق ومُتطلَّباته من حيث الطاقة، والسرعة، وتكلفة التركيب والصيان، وحجم الشبكة المطلوبة. أنظر الجدول (3-2) الذي يَعْقد قارنةً بين هذه التقنيات وَفقًا لمعايير عِدَّة.

الجدول (3-2): مقارنة بين تقنية (Bluetooth)، وتقنية (Wi-Fi)، وتقنية (Zigbee).

وجه المقارنة	تقنية البلوتوث (Bluetooth)	تقنية الواي فاي (Wi-Fi)	تقنية زيجبي (Zigbee)
نطاق التردُّد:	- (2.4) جيجاهيرتز (GHz). - إصدارات حديثة تدعم (5) جيجاهيرتز (GHz).	- (2.4) جيجاهيرتز (GHz). - (5) جيجاهيرتز (GHz).	- (2.4) جيجاهيرتز (GHz).
مُعدَّل البيانات:	- من (1) ميجابت إلى (2) ميجابت/ ث. - (3) ميجابت/ ث ضمن ظروف وأحوال مُعيَّنة.	- من (10) ميجابت إلى (100+) ميجابت/ ث.	- حتّى (250) كيلوبت/ ث فقط.
استهلاك الطاقة:	- مُنخفِض إلى مُتوسِّط.	- كبير (مقارنةً بتقنيات أُخرى).	- قليل جدًّا.
التكلفة:	- مُتوسِّطة.	- مُتوسِّطة إلى مُرتفِعة بحسب نوع الجهاز.	- مُنخفِضة إلى مُتوسِّطة.
المرونة:	- بسيطة إلى مُتوسِّطة. - البلوتوث سهل الاستخدام، لكنَّه محدود في الشبكات الكبيرة.	- مُعقَّدة، وبخاصة عند إعداد الشبكات الكبيرة.	- بسيطة.
مدى نقل البيانات:	- حتّى (100) م. - (200) م في البيئات المفتوحة.	- حتّى (100) م داخل المباني. - أكثر من (300) م في الأماكن المفتوحة (Wi-Fi 6E يدعم أكثر من ذلك).	- (100) م في أفضل الظروف والأحوال، لكنَّه أقل من ذلك غالبًا في البيئات المُغلَقة.

نسخة غير للاعتماد

يُمكِن القول إنَّ تقنية البلوتوث (Bluetooth) هي أنسب للأجهزة القريبة التي تحتاج إلى اتصال سريع واستهلاك طاقة محدود (مثل: السمّاعات، والساعات)، في حين أنَّ تقنية الواي فاي (Wi-Fi) تُناسِب البيئات التي تتطلَّب سرعةً عاليةً وتبادلًا كبيرًا للبيانات، مثل: بثِّ الفيديو المرئي، وعقد المؤتمرات. أمّا تقنية زيجبي (Zigbee) فهي تُمثِّل الخيار الأفضل للتطبيقات التي تتطلَّب اتصالًا موثوقًا به، مُنخفِض الطاقة، وطويل الأَمَد، مثل أجهزة الاستشعار الذكية.

نشاط جماعي

أفترض - بالتعاون مع أفراد مجموعتي - أنَّني أعمل مستشارًا تقنيًّا في شركة ناشئة تريد تنفيذ واحد من مشروعات إنترنت الأشياء (IoT) الآتية. أقرأ وصف المشروع بِرَوِيَّة، ثمَّ أُحدِّد أنسب تقنية لاسلكية له (Bluetooth، أو Wi-Fi، أو Zigbe)، وأُبرِّر سبب اختياري استنادًا إلى جدول المقارنة المذكور آنفًا

1. **المشروع الأوَّل**: نظام ذكي للتحكُّم في إضاءة منزل، يحتوي على (20) مصباحًا ذكيًّا مُوزَّعةً في مختلف أنحاء المنزل، ويتطلَّب استجابة آليَّة (أوتوماتيكية) لتشغيل المصابيح عند دخول المنزل، والعمل مُدَدًا طويلةً من دون استهلاك كبير للبطّارية.
2. **المشروع الثاني**: كاميرا مراقبة لاسلكية تبثُّ مقاطع الفيديو مباشرة إلى الهاتف المحمول، وتعمل طوال اليوم، وتتطلَّب نقل مقاطع الفيديو بجودة عالية إلى تطبيق في الهاتف المحمول، وتوفير مصدر ثابت للطاقة (ليس بطّارية).
3. **المشروع الثالث**: ساعة صحية قابلة للارتداء، تقيس مُعدَّل ضربات القلب، ويُمكِن وضعها على مِعْصم اليد طوال اليوم. ، وتتطلَّب نقل البيانات كل دقيقة إلى الهاتف المحمول، واستهلاك أقل طاقة مُمكِنة، والعمل أيامًا معدودةً من دون شحن.

نسخة قيد الإعداد

المواطنة الرقمية

- **التصرُّف الرقمي المسؤول**: أستخدم الشبكات اللاسلكية بطريقة آمنة، فلا أتصل بالشبكات العامة عند استخدام أجهزة إنترنت الأشياء، وأحرص على حماية الاتصال بكلمة مرور قويَّة.
- **الخصوصية الرقمية**: أتجنَّب ربط الأجهزة الذكية بشبكات غير مأمونة، وأحرص على إيقاف تقنية البلوتوث (Bluetooth) و(NFC) عند عدم الحاجة إلى منع الوصول غير المُصرَّح به.

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

تقنية البلوتوث (Bluetooth).

.....

تقنية الواي فاي (Wi-Fi).

.....

تقنية زيجبي (Zigbee).

.....

السؤال الثاني: أُوضِّح آليَّة عمل تقنية الواي فاي (Wi-Fi).

.....

.....

السؤال الثالث: أُبيِّن المُكوِّنات (المُنسِّق، المُوجِّه، الجهاز الطرفي) في شبكة زيجبي (Zigbee)، ثمَّ أُوضِّح بإيجازٍ وظيفة كل مُكوِّن من المُكوِّنات.

.....

.....

السؤال الرابع: أُحدِّد المزايا الرئيسة لتقنية الواي فاي (Wi-Fi) في المؤتمرات المرئية.

.....

.....

نسخة قيد الإعداد

الســـؤال الخامس: أُوضِّح آليَّة عمل تقنية البلوتوث (Bluetooth)، ثمَّ أذكر مثالين من واقع الحياة يُستخدَم فيهما هذا النوع من الاتصال.

.....

السؤال السادس: أملأ الفراغ بما هو مناسب في الجدول الآتي الذي يُمثِّل مقارنةً بين تقنية البلوتوث (Bluetooth)، وتقنية زيجبي (Zigbee)، وتقنية الواي فاي (Wi-Fi).

وجه المقارنة	تقنية البلوتوث (Bluetooth)	تقنية الواي فاي (Wi-Fi)	تقنية (Zigbee)
نطاق التردُّد:			
مُعدَّل البيانات:			
استهلاك الطاقة:			
التكلفة:			
المرونة:			
مدى نقل البيانات:			

نسخة قيد الإعداد

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن السؤالين الآتيين:

السؤال الأوَّل: أُفكِّر وأُحلِّل: لماذا تُستخدَم تقنية زيجبي (Zigbee) على نطاق واسع في المباني الذكية؟ أجد صلة بين إجابتي وخصائص هذه التقنية.

الســـؤال الثاني: أفترض أنَّني مسؤول عن تصميم نظام إنترنت أشياء (IoT) يختصُّ بمتابعة درجات الحرارة والرطوبة في مزرعة شاسعة بعيدة عن المدينة. ما أنسب تقنية اتصال لاسلكي للاستخدام من بين التقنيات الآتية: (Bluetooth)، (Zigbee)، (Wi-Fi)؟ أُبرِّر إجابتي بذكر ميزتين أساسيتين – على الأقل – للتقنية المختارة تُعلِّلان السبب الذي يجعلها أفضل من غيرها في هذا النظام.

.....

.....

الدرس الرابع

تطبيقات إنترنت الأشياء
(IoT Applications)

نسخة قيد الإعداد

الفكرة الرئيسة:

سأتعرَّف في هذا الدرس مفهوم إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية، وأستكشف مزاياه وتحدِّياته، ومُكوِّناته وآليَّة عمله. كذلك سأتعرَّف أبرز تطبيقات إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية في مختلف المجالات، وبخاصة في قطاع التعليم. وفي نهاية الدرس، سأُنشِئ جدولًا يُمثِّل خارطة طريق لمراحل تطوُّر إنترنت الأشياء وتطبيقاته المستقبلية؛ ما يساعدني على فهم التوجُّهات العالمية والفرص المتاحة في هذا المجال المُتسارِع دائمًا.

المفاهيم والمصطلحات:

إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية (Satellite IoT)، الحوسبة المُتضمَّنة المُدمَجة (Embedded Computing)، الطائرات من دون طيّار (Drones).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُعرِّف مفهوم إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية (Satellite IoT).
- أُوضِّح مُكوِّنات شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.
- أُوضِّح آليَّة عمل إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية.

- أُبيِّن مزايا إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية.
- أُوضِّح التحدِّيات التي يُواجِهها إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية.
- أُوضِّح بعض تطبيقات إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية.
- أَصِف استخدام إنترنت الأشياء في مجال التعليم.
- أذكر أمثلة على استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في التحكُّم في مجال الصحة والزراعة والمِلاحة الجوية.
- أُفسِّر سبب استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في المناطق الخطرة والتفجيرات في أعماق البحار ومناطق البيئة المُلوَّثة.

نشاط تمهيدي

أفترض أنَّني مسؤول عن تصميم مدن ذكية للمستقبل:

أُدوِّن أبرز التطبيقات التي سأستخدمها.

أذكر ثلاث وظائف أو خدمات سأستبدل بها تقنيات رقمية في المدن الذكية ، ثمَّ أُبرِّر إجابتي.

شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

يشير استخدام شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية إلى التكامل بين شبكات الأقمار الصناعية وأجهزة إنترنت الأشـــياء بهدف تمكين الاتصال السلس وتبادل البيانات في ما بينها، لا سيَّما في المناطق النائية، والمناطق التي يصعب الوصول إليها بسبب ضعف البِنية التحتية الأرضية أو تآكلها. في هذه الحالة، تُســـتخدَم الأقمار الصناعية بوصفها مَحطّات وسيطة لنقل البيانات بين أجهزة إنترنت الأشياء والأنظمة المركزية؛ ما يُوفِّر تغطيةً عالميةً واتصالًا أكثرَ موثوقية. وقد جاءت الحاجة إلى هذا النوع من الاتصال بســـبب محدودية شبكات إنترنت الأشياء التقليدية التي تعتمد على تقنيات أرضية لا تُغطّي بفعّاليةٍ المناطق المعزولة والمناطق التي تعاني نقصًا في الخدمات.

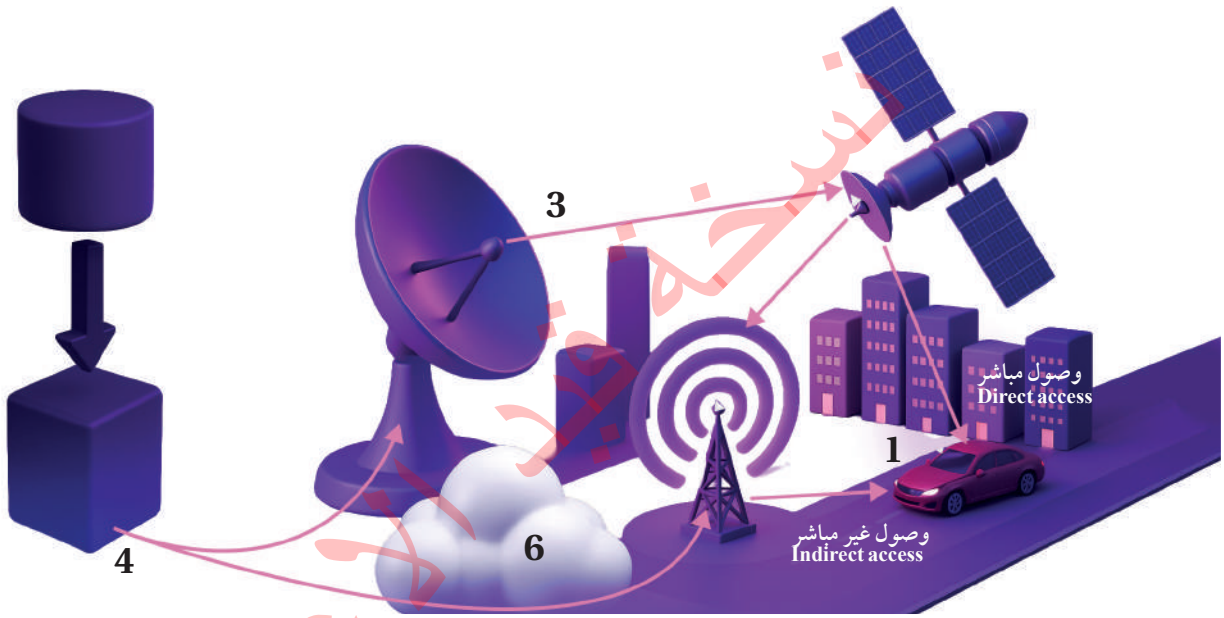
نسخة قيد الإعداد

اثراء

بالرغم من وجود عمليات نشر ضخمة للاتصال الأرضي عبر مختلف التقنيات، فإنَّ 33٪ من سُكّان كوكب الأرض يعانون اليوم فجوةً كبيرةً ونقصًا حادًّا في تقنيات الاتصال.

آليَّة عمل شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

يُبيِّن الشـــكل (4-1) طريقة تبادل البيانات بين أجهزة إنترنت الأشياء والأنظمة المركزية عن طريق الأقمار الصناعية.



الشكل (4-1): آليَّة عمل شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.

يتطلَّب إنشاء هذه الشبكة توافر العناصر الآتية:

1. **الأجهزة الطرفية** (IoT Device): تعمل الأجهزة الطرفية على جمع البيانات من البيئة المحيطة (مثل: السرعة، والموقع)، ثمَّ تُرسِلها مباشرة إلى القمر الصناعي، أو عبر مَحطَّة أرضية قريبة. وقد تتصل هذه الأجهزة مباشرة بالقمر الصناعي (Direct Access)، أو بمَحطَّة أرضية (Indirect Access)، مثل برج الاتصالات.
2. **القمر الصناعي** (Satellite): يعمل القمر الصناعي بوصفه جســـرًا لنقل البيانات من الأجهزة الطرفية إلى المَحطَّة الأرضية أو إلى قمر آخر؛ ما يُوفِّر تغطية عالمية في الأماكن النائية.
3. **المَحطَّة الأرضية** (Satellite Gateway): تتلقّى المَحطَّة الأرضية إشارات من القمر الصناعي، ثمَّ تُحوِّلها إلى الشبكة الأرضية أو إلى الخوادم الخاصة بالتطبيق.

نسخة قيد الإعداد

4. **رأس الشـــبكة والخدمة** (Service and Network Head-End): يُمثِّل رأس الشبكة مركز إدارة البيانات، وهو يتولّى عملية توزيعها على المُستخدِمين أو الأنظمة الأُخرى.
5. **خوادم المعالجـــة/ التطبيقات** (Cloud Platforms /Applications Servers): بعد اســـتقبال البيانات من المَحطّات الأرضية، فإنَّها تُخزَّن ثمَّ تُحلَّل في خوادم ســـحابية أو خوادم داخلية. تُستخدَم هذه البيانات لاتِّخاذ القرارات، وإرســـال التنبيهات، وتفعيل الإجراءات التلقائية. ومن ثَمَّ، فإنَّ هذه الخوادم تُوفِّر واجهات للمُستخدِمين تُمكِّنهم من مراقبة البيانات في الزمن الحقيقي (الفعلي).
6. **شبكة التوزيع الأرضية** (Broadcast Distribution Network): تُوزِّع هذه الشبكة البيانات على وجهاتها النهائية (المُستخدِم، النظام الذكي، تطبيق التحكُّم...) عن طريق الشبكات الأرضية التقليدية أو السحابية.
7. **بروتوكولات التشـــفير والأمان** (Security Protocols): تُستخدَم هذه البروتوكولات لضمان سلامة البيانات وخصوصيتها أثناء النقل من الجهاز إلى الخادم عبر الأقمار الصناعية. ويشمل ذلك التشفير، والتوثيق، وضمان النزاهة.

مزايا شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

تتفرَّد شبكة إنترنت الأشـــياء التي تعتمد على الأقمار الصناعية بمجموعة من المزايا التي تجعلها خيارًا مثاليًّا للعديد من التطبيقات، لا سيَّما في البيئات البعيدة والبيئات الصعبة.

يُمكِن إجمال أبرز هذه المزايا في ما يأتي:

1. **التغطية الجغرافية الواسعة**: تتيح شبكات إنترنت الأشـــياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية الاتصال والتواصل مع مناطق جغرافية شاسعة، بما في ذلك الأماكن النائية التي يصعب الوصول إليها (مثل: الصحاري، والجبال، والمحيطات)، باستخدام الشبكات الأرضية التقليدية، حتّى إنَّ ذلك يشمل المناطق التي لا تصلها شبكات الواي فاي (Wi-Fi) وشبكات الجيل الخامس (5G). كذلك يُمكِن لشبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية أنْ تدعم عددًا كبيرًا من الأجهزة؛ ما يجعلها مناسبة للتطبيقات الواسعة النطاق التي تتطلَّب اتصالًا مستمرًّا في مواقع مُتعدِّدة أو مواقع مُتفرِّقة.
2. **موثوقية الاتصال** (**Reliability**): تمتاز شـــبكات إنترنت الأشـــياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية بقدرتها على مقاومة انقطاع الخدمة الناجم عن الكوارث الطبيعية، أو الأعطال في البِنية التحتية الأرضية، أو الأعطال الناتجـــة من الأحوال الجوية. كذلك تدعم هذه ال:بات جمع البيانات والتحكُّم عن بُعْد في الوقت الحقيقي (الفعلي) باســـتمرار، حتّى في البيئات الصعبة جدًّا؛ ما يُعزِّز الكفاءة التشغيلية.

نسخة قيد الإعداد

3. **عدم الحاجة إلى بِنية تحتية أرضية مُعقَّدة:** خلافًا للشـــبكات الأرضية، فإنَّ شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية لا تتطلَّب إنشـــاء أبراج أو عمل تمديدات أرضية؛ ما يُسهِّل عملية انتشـــارها، ويُقلِّل من التكاليف اللوجستية والإنشـــائية. ومن ثَمَّ، فإنَّ هذا النوع من الشبكات مناسب للمشـــروعات المُؤقَّتة والمشروعات الطارئة والمشروعات في مناطق الكوارث. يضاف إلى ذلك أنَّ الحلول بالأقمار الصناعية تُعَدُّ أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية مقارنةً بتمديد الشبكات الأرضية في المناطق القليلة السُّكّان والمناطق النائية.
4. **استهلاك الطاقة المُنخفِض:** صُمِّمت شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية لتعمل بكفاءة عالية واســـتهلاك مُنخفِض للطاقة؛ ما يجعلها مثالية لأجهزة الاستشـــعار عن بُعْد والأجهزة التي تعتمد على مصادر الطاقة المحدودة كتلك التي تعمل بالبطّاريات، مثل: الحسّاسات البيئية، وأجهزة التتبُّع.

التحدِّيات التـــي تُواجِهها شـــبكة إنترنت الأشـــياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

بالرغـــم من الإمكانات والمزايا الكثيرة التي تُوفِّرها تقنيات شـــبكة إنترنت الأشـــياء عبر الأقمار الصناعية، فإنَّ هذه الشبكات تُواجِه تحدِّيات تقنية وتنظيمية عديدة، أبرزها:

1. **زمن الوصول** (Latency): من أبرز التحدِّيات التي تُواجِهها شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية: التأخير في انتقال الإشارة عبر الفضاء، وبخاصة عند استخدام الأقمار الصناعية ذات المدار الجغرافي الثابت (GEO). فهذا التأخير قد يُســـبِّب مشـــكلة كبيرة في التطبيقات التي تتطلَّب استجابة فورية، مثل: القيادة الذاتية، والتحكُّم في الأظمة الحيوية.
2. **مُتطلَّبات الطاقة** (Power Requirements): يؤدّي إرســـال البيانات واســـتقبالها عبر الأقمار الصناعية إلى اســـتهلاك أكثر للطاقة مقارنةً بالشبكات الأرضية؛ ذلك أنَّ هذه البيانات تقطع مسافات فضائية طويلة أثناء عملية إرسالها واستقبالها، في ما يُشكِّل تحدِّيًا للأجهزة الطرفية التـــي تعمل في أماكن نائية، وتعتمد على بطّاريات محدودة الســـعة؛ ما يتطلَّب حلولًا ذكيةً لإدارة الطاقة.
3. **التنظيم والترخيص** (Regulatory and Licensing Issues): يتطلَّب تشغيل أنظمة إنترنت الأشياء عبر الأقمار الصناعية الامتثال لإجراءات تنظيمية دولية مُعقَّدة، تشمل الحصول على تراخيص لاســـتخدام الطيف الترددِّي، وموافقة الجهات الحكومية التي قد تكون مُعقَّدة وتستغرق وقتًا طويلًا؛ ما قد يُفْضي إلى تأخُّر في عملية النشر، أو زيادة في التكاليف.

نسخة قيد الإعداد

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن المزايا والتحدِّيات الأُخرى لتقنية إنترنت الأشياء باستخدام الأقمار الصناعية، ثمَّ أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

تقنيات شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

تُستخدَم تقنيات شبكة إنترنت الأشياء القائمة على الأقمار الصناعية في مجموعة واسعة من المجالات التي تتطلَّب تغطية عالمية وموثوقية عالية، لا سيَّما في المناطق البعيدة والأماكن المعزولة.

في ما يأتي استعراض لأبرز هذه التقنيات:

النقل البحري والملاحة (Maritime and Shipping): تُستخدَم هذه التقنية في تتبُّع تحرُّكات السفن والقوارب في البحار والمحيطات؛ ما يُسهِم في تعزيز سلامة النقل، ويُسهِّل عمليات الشحن والخدمات الحيوية (اللوجستية). كذلك تتيح هذه التقنية مراقبة الأعطال وملاحظة التغيُّرات البيئية أثناء الرحلات البحرية الطويلة.

السكك الحديدية والنقل البَرِّي (Rail and Land Transportation): تسمح هذه التقنية بتتبُّع القطارات والشاحنات الثقيلة في المسارات الطويلة، وتُسهِم في ضمان سلامة الحمولات وتحسين الجدولة اللوجستية.

صناعات النفط والغاز (Oil and Gas Industry): يُمكِن بهذه التقنية مراقبة البِنية التحتية الحسّاسة، مثل خطوط الأنابيب ومِنصّات التنقيب في المناطق النائية وأعماق البحار. وهي تساعد على تقليل المخاطر التشغيلية، وتُسهِم في تحسين الصيانة الوقائية ومُتطلَّبات السلامة العامة.

نسخة قيد الإعداد

إدارة الكـــوارث والطـــوارئ (Disaster Management and Emergency Response): تُعَدُّ الأقمار الصناعية وســـيلة مُهِمَّة لضمان الاتصالات أثناء حدوث الكوار الطبيعية (مثل: الـــزلازل، والفيضانات، والعواصف)، لا سيَّما عند انهيار الشبكات الأرضية. تُستخدَم هذه التقنية في إرسال التنبيهت، وتنسيق عمليات الإنقاذ، وتوزيع المساعدات.

المراقبـــة البيئية (Environmental Monitoring): يســـتفاد من هذه التقنية في مراقبة التغيُّرات المناخية، ورصد نِسَـــب تلوُّث الهواء والماء، وتتبُّع حرائق الغابات في مناطق يصعب الوصول إليها. تقوم هذه التقنية على جمع بيانات من أجهزة استشـــعار مُوزَّعة على أماكن نائية، ثمَّ تحليلها ضمن نطاق زمني وجغرافي واسع. وبذلك يُمكِن تتبُّع تحرُّكات الحيوانات المُهدَّدة بالانقراض عبر أجهزة استشعار متصلة بالأقمار الصناعية؛ ما يساعد على دعم دراسات الهجرة، ويُسهِم في الحَدِّ من طرائق الصيد غير المشروعة، ومراقبة الأنشطة البشرية في المَحْميات الطبيعية والمناطق المَحْمية.

نسخة قيد الإعداد

نشاط فردي

أذكر فائدة واحدة لاستخدام الأقمار الصناعية في كلٍّ من أنظمة إنترنت الأشياء الآتية:

1- مراقبة الحياة البَرِّية (Wildlife Monitoring).

2- مراقبة جودة الهواء عالميًّا (Global Air Quality Monitoring).

3- مراقبة الجليد في القطب الشمالي القطب الجنوبي (Polar Ice Monitoring).

بعد ذلك أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ثمَّ نُعِدُّ معًا تقريرًا مُشترَكًا عن هذه الفوائد.

تطبيقات شبكة إنترنت الأشياء في مجال التعليم

أصبحت تقنية إنترنت الأشياء (IoT) من الركائز الرئيسة لتطوير البيئة التعليمية، وبخاصة في الغرف الصفية الذكية. في ما يأتي أبرز التقنيات والتطبيقات التي تُسهِم في تحسين عملية التعلُّم والتعليم

1- الألـــواح الذكية وأجهزة العـــرض التفاعلية: تُمكِّن هذه الألـــواح والأجهزة المُعلِّمين والمُعلِّمات من تقديم المحتوى بطرائق مرئية جاذبة وشائقة.

2- أدوات المساعدة الذكية: تُسهِّل هذه الأدوات عملية التعلُّم على الطلبة، مثل المساعدات الصوتية التي تتيح للطلبة التفاعل الصوتي المباشر مع المحتوى.

3- أنظمة تتبُّع الأداء الأكاديمي: تُســـتخدَم هذه الأنظمة في جمع البيانات وتحليلها لتقديم تعليم مُخصَّص يُناسِب احتياجات كل طالب وطالبة.

4- أتمـــت المهام الإدارية: تعمـــل هذه التقنية على ضبط الشـــؤون الإدارية في المدارس وتيسيرها، مثل تتبُّع عملية الحضور اليومي تلقائيًّا؛ ما يُخفِّف الأعباء الإداري على المُعلِّمين والمُعلِّمات.

5- التحكُّم الذكي في البيئة الصفية: تُسهِم هذه التقنية في تهيئة البيئة الصفية الماسبة للتعلُّم، مثلاستخدام أنظمة الإضاءة والتكييف الذكية في ضبط درجة الحرارة وشِدَّة الإضاءة بما يُناسِب وقت الحِصّةالصفية وراحة الطلبة.

6- الأقفال الذكية: تعمل هذه التقنية عل عزيز مناحي الأمن والأمان عبر التحكُّم في عمليات الدخول إلى الصفوف والمختبرات والخروج منها.

7- أنظمة الأمان الذكية: تشمل هذه الأنظمة آلات التصوير (الكاميرات) وأجهزة الاستشعار التي يُمكِن مراقبتها عبر الهاتف الذكي أو جهاز الحاسوب؛ ما يجعل البيئة المدرسية أكثر أمانًا.

8- الترجمة الفورية: تُستخدَم الترجمة الفورية في تسهيل عملية التواصل بين الطلبة والمُعلِّمين والمُعلِّمات داخل الصفوف المُتعدِّدة اللغات، وذلك باستخدام أجهزة الترجمة الفورية.

9- دعم الطلبة من ذوي الاحتياجات الخاصة: تتضمَّن هذه التقنية استخدام العديد من الأدوات المُبتكَرة، مثل: القفّازات الذكية التي تُرجِم لغة الإشارة إلى نصوص، وأدوات تحويل الكلام إلى نص مكتوب لضعاف السمع.

نسخة قيد الإعداد

اثراء

أفترض أنَّ غرفتي الصفية قد أصبحت جزءًا من مدرسة ذكية تعتمد على نظام إنترنت الأشياء. بناءً على ذلك، أُفكِّر في إجابات للأسئلة الآتية:

1- ما الأجهزة الذكية التي سيتحكَّم فيها جهاز الحاسوب؟

2- ماذا سأستفيد من التقنيات التي يُوفِّرها نظامإنترنت الأشياء؟

3- كيف ستبدو بيئة التعلُّم في غرفت لصفية الذكية؟

بعد ذلك أرسم مُخطَّطًا بسيطًا لغرفتي الصفية الذكية، أُبيِّن فيه الأجهزة الذكية لتي أرغب في وجودها، مثل: الحسّاسات، والألواح الذكية، وآلات التصوير (الكاميرات)، وأجهزة التحكُّم في الإضاءة، ثمَّ أُشارِك فكرتي والنتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نشاط عملي

أستخدم برنامج (Packet Tracer) لتصميم شبكة تتضمَّن حسّاساتٍ، وأقمارًا صناعيةً، ومَحطَّةً أرضيةً، ومركزًا للبيانات. وهذه بعض الإرشادات والخطوات التوجيهية التي ستساعدني على تصميم الشبكة:

1- فتح البرنامج، ثمَّ إنشاء (مشروع جديد).

2- إضافة الحسّاسات: اختيار Environmental Sensor. من قائمة End Devices > Home > IoT، ثمَّ إضافة الحسّاسات الثلاثة الآتية: حسّاس درجة الحرارة، وحسّاس الرطوبة، وحسّاس جودة الهواء.

3- إضافة القمر الصناعي:

أ- اختيار Satellite Dish. من قائمة Network Devices > Wireless Devices.

ب- إضافة Satellite (رمزه يُشبِه رمز القمر الصناعي).

4- إضافة مركز البيانات:

إضافة Server أو IoT Server من قائمة End Devices > Servers ، ثمَّ إطلاق الاسم الآتي عليها: Environmental_Data_Server.

5- وصل الحسّاسات بالمَحطَّة الأرضية:

تحتوي الحسّاسات على اتصال لاسلكي (Wireless)؛ لذا يوصَل كل حسّاس بمَحطَّة (Satellite Dish) باستخدام الاتصال اللاسلكي (Zigbee) تبعًا للإعدادات المتاحة في البرنامج.

6- ربط المَحطَّة الأرضية بالقمر الصناعي:

الضغط عى Satellite Dish، ثمَّ اختيار Satellite Link > Connect. لربط المَحطَّة الأرضية بالقمر الصناعي المضاف إلى الشبكة.

7- ربط القمر اصناعي بمركز البيانات:

وصل القمر الصناعي من Satellite Link إلى Environmental_Data_Server؛ فيظهر خطُّ اتصال يربط القمر الصناعي بالمَحطَّة الأرضية والخادم.

8- إعداد الحسّاسات من قائمة Config.

9- إعداد الخادم من قائمة Config.

10- الاختبار:

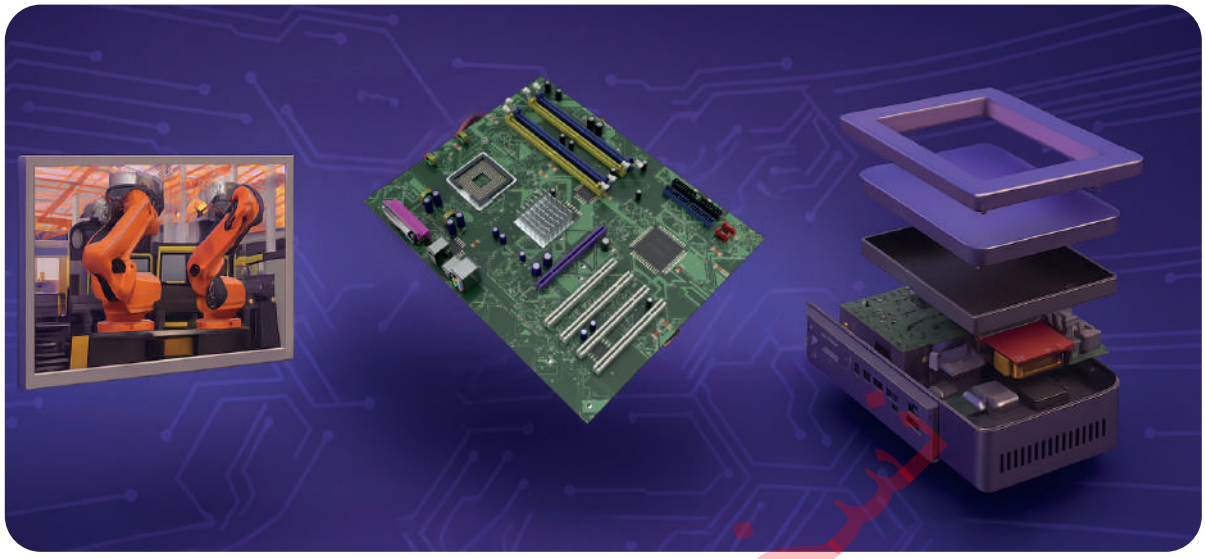
أ- تشغيل Simulation Mode.

ب- مراقبة الحُزَم وهي تنتقل من الحسّاسات Server ← Satellite ← Satellite Dish ← .

ج- ملاحظة التأخير الطبيعي للاتصال بالأقمار الصناعية، ومقارنة ذلك بزمن اتصال الواي فاي (Wi-Fi) العادي.

نسخة قيد الإعداد

الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) وتطبيقاتها:



تُعرَّف الحوســـبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) بأنَّها نظام حاسوبي صغير مُخصَّص لتنفيذ مهمة واحدة أو مجموعة مُحدَّدة من المهام، وهو يحتوي عادةً على مُكوِّنات مادية وأُخرى برمجية تعمل معًا لأداء وظيفة مُعيَّنة.

تُستخدَم الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في مجموعة واسعة من التطبيقات اليومية، مثل: الهواتف الذكية، والساعات الذكية، والأجهزة الطبية الذكية، وأنظمة التحكُّم في السيّارات والمنازل الذكية، وأجهزة الترفيه داخل المَركَبات، وأنظمة المراقبة، والتطبيقات الزراعية، والطائرات من دون طيّار. يُذكَر أنَّ الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) تُعَدُّ جزءًا أساسيًّا من بِنية نظام إنترنت الأشياء؛ لِما تُوفِّره من قدرة على المعالجة والتحكُّم في الأجهزة المتصلة.

النسخة قيد الإعداد

يُبيِّن الجدول الآتي استخدامات الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) (Embedded Computing) في عدد من المجالات الحيوية التي تُعَدُّ من الركائز الأساسية في تطبيقات شبكة إنترنت الأشياء

الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في الأجهزة الطبية

يؤدّي هذا النوع من الحوسبة دورًا رئيسًا في تحسين جودة الرعاية الصحية، وذلك بتعزيز مستوى الدِّقَّة والفعّالية في أجهزة التشخيص والمراقبة والعلاج.

أجهزة المراقبة القابلة للارتداء

أجهزة تقيس مُعدَّل ضربات القلب، وجودة النوم، ومستويات النشاط البدني، وتربط البيانات بتطبيقات صحية؛ لتحليلها ومتابعتها.

الأجهزة القابلة للزرع

أجهزة تعمل على تنظيم ضربات القلب، وتساعد على تحفيز الأعصاب مثلًا. ومن ثَمَّ، فهي تستخدم أنظمة مُدمَجة لمراقبة وظائف الجسم والاستجابة لها حالًا.

معدّات التشخيص الطبي

يُمثِّل هذا النوع من المعدّات أجهزة التصوير بالرنين المغناطيسي، وأجهزة التصوير بالموجات فوق الصوتية. وهي تعتمد على أنظمة مُتضمَّنة (مُدمَجة) للتحكُّم في المعالجة، وإنتاج صور دقيقة.

مِضخّات الأنسولين الذكية

تُستخدَم في هذه المِضخّات أنظمة حوسبة تعمل على تحديد جرعات الأنسولين المناسبة، وتحسين التحكُّم في نسبة السكَّر لدى مرضى السكَّري.

الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في الأنظمة الزراعية

أحدث هذا النوع من الحوسبة ثورة تقنية في القطاع الزراعي عن طريق الأتمتة والمراقبة الذكية.

أجهزة التحكُّم في الريِّ الذكي

تُنظِّم هذه الأجهزة عمليات الريِّ بصورة تلقائية بناءً على قراءات أجهزة الاستشعار لرطوبة التربة.

الروبوتات الزراعية

تتولّى هذه الروبوتات زراعة المحاصيل وحصادها بكفاءة، وذلك باستخدام بيانات – في الوقت الحقيقي (الفعلي)– من أجهزة الاستشعار ونظام تحديد المواقع العالمي.

نسخة قيد الإعداد

الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في الطائرات من دون طيّار (Drones):

تعتمد تقنية الطائرات من دون طيّار على الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) لتنفيذ مهام مُعقَّدة بصورة ذاتية وفعّالة.

المِلاحة المستقلة

تتضمَّن هذه التقنية دمج نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) في الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) للطائرة؛ ما يسمح لها بالتنقُّل بشكل مستقل عبر مناطق شاسعة وَفقًا لمسارات مُبرمَجة.

تكامل المُستشعِرات

تتضمَّن هذه التقنية التقاط صور دقيقة للتربة والمحاصيل والتضاريس باستخدام الأشعة تحت الحمراء والطيف المُتعدِّد.

الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في الأنظمة الذكية ضمن البيئات الخطرة

يُستخدَم هذا النوع من الحوسبة في مناطق التفجيرات، وأعماق البحار، والمناطق الصناعية، والبيئات المُلوَّثة.

روبوتات إزالة الألغام

روبوتات ذكية مُزوَّدة بوحدات حوسبة مُتضمَّنة (مُدمَجة) لمعالجة إشارات الحسّاسات المُدمَجة، مثل حسّاسات المعادن والضغط.

المَركَبات المُوجَّهة تحت الماء (ROV /AUV):

مَركَبات ذاتية القيادة تحت الماء، وهي مُزوَّدة بوحدات حوسبة مُتضمَّنة (مُدمَجة) لمعالجة بيانات المِلاحة والصور تحت الماء. تعمل هذه الوحدات على فحص خطوط أنابيب النفط وأكبال الإنترنت البحرية وصيانتها، إضافةً إلى جمع بيانات علمية عن الحياة البحرية والتيارات، وقياس الضغط ونِسَب الملوحة.

نسخة قيد الإعداد

نشاط فردي

أرسم – باستخدام تطبيق حاسوبي مناسب – خطًّا زمنيًّا يُبيِّن مراحل تطوُّر أنظمة إنترنت الأشياء اعتمادًا على المعلومات التي درسْتُها في الوحدة، وأُضمِّنه المُدَد الزمنية وأهمَّ التطبيقات. بعد ذلك أُدوِّن النتائج التي أتوصَّل إليها، ثمَّ أُشارِكها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

المواطنة الرقمية

- **المسؤولية الرقمية:** أُفكِّر في الآثار الناجمة عن استخدام التطبيقات الذكية في المجتمع والبيئة، وألتزم باستخدامها على نحوٍ يحترم القوانين والأعراف، ويحمي خصوصية الآخرين.
- **الابتكار الرقمي الآمن:** أُوظِّف تطبيقات إنترنت الأشياء في ابتكار حلول ذكية، وأُراعي حماية البيانات، وألتزم بأفضل الممارسات الأمنية عند إنشاء أيِّ تطبيق أو تجربته.

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

1- نظام إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية (Satellite IoT).

.....

2- الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) (Embedded Computing).

.....

السؤال الثاني: أُوضِّح آليَّة عمل شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.

.....

السؤال الثالث: أُبيِّن سبب استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في كلٍّ ممّا يأتي:

1- البيئات المُلوَّثة.

.....

2- أعماق البحار.

.....

السؤال الرابع: أذكر مثالين على كلٍّ ممّا يأتي:

- استخدام أنظمة إنترنت الأشياء في مجال التعليم.

.....

.....

- استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في مجال الزراعة.

.....

.....

- استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في مجال الأجهزة الطبية.

.....

.....

نسخة قيد الإعداد

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن السؤالين الآتيين:

السؤال الأوَّل: أتأمَّل الجملة الآتية: "إنَّ استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في أنظمة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية يُحسِّـــن من كفاءة هذه الأنظمة، لكنَّه قد يزيد من تكلفتها وتعقيدها".

أُبيِّن رأيي في هذه الجملة، ثمَّ أُبرِّر إجابتي بذكر حالتين أو مثالين أُوضِّح فيهما النتائج (الإيجابية أو السلبية) المُترتِّبة على استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) مع الأقمار الصناعية.

.....

.....

السؤال الثاني: أفترض أنَّني أعمل ضمن فريق بحثي لتطوير روبوتات بحرية ذكية تُستخدَم في أعماق البحار والمحيطات، وتُرسِل بياناتها إلى الأقمار الصناعية:

1- أقترح ثلاث وظائف ذكية يُمكِن لوحدات الحوســـبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) أداؤها داخل هذه الروبوتات من دون حاجة إلى إرسال جميع البيانات الخام إلى الأقمار الصناعية.

.....

.....

2- أُوضِّح كيف يُسهِم ذلك في تحسين كفاءة النظام.

.....

.....

نسخة قيد الإعداد

أسئلة الوحدة

السؤال الأوَّل: أنسب كل جملة من الجمل الآتية إلى المصطلح العلمي الذي يناسبها:

الرقم	الجملة	المصطلح العلمي
1	الواجهة الأمامية لأجهزة إنترنت الأشياء، هدفها الرئيس جمع البيانات من محيطها، وإرسال البيانات إلى محيطها.	
2	نظام يُوفِّر معلومات دقيقة عن الموقع والسرعة والوقت لعدد غير مُحدَّد من المُستخدِمين المُجهَّزين على الأرض وفي البحر والجوِّ والفضاء، بوصفه يُمثِّل إحدى الطرائق الأولى لتتبُّع البيانات الرقمية وفهرستها للعالَم المادي.	
3	تقنية تُعْنى بجمع البيانات في نظام إنترنت الأشياء، وتحوي أجهزة إلكترونية صغيرة تُخزِّن المعلومات، وتتصل مع أجهزة أُخرى باستخدام الموجات الراديوية.	
4	تقنية اتصال لاسلكية قصيرة المدى تعمل على وصل الإشارات بين الأجهزة مسافةً تزيد على (10) أمتار أو أقل، وتستخدم موجات الراديو ضمن نطاق التردُّد (2.3) جيجاهيرتز (GHz)، وقد استُخدِمت في الأصل لنقل البيانات بين الهواتف المحمولة وأجهزة الحاسوب، ثمَّ أُعيد تصميمها على نحوٍ يتضمَّن إجراء اتصالات لاسلكية فعّالة، واستخدام طاقة مُنخفِضة بتكلفة قليلة.	
5	تقنية اتصال لاسلكي تدعم التطبيقات التي تتطلَّب طاقةً مُنخفِضةً وتكلفةً قليلةً ومُعدَّلَ بياناتٍ مُتدنِّيًا، وهي تُركِّز على الشبكات البسيطة الذاتية التنظيم بين أجهزة مُنخفِضة الطاقة، تنقل البيانات حتّى مسافة (100) م، وتعمل ضمن نطاق التردُّد (2.4) جيجاهيرتز (GHz).	
6	تقنية تُستخدَم في المناطق النائية والأماكن التي يصعب الوصول إليها بسبب البِنية التحتية الأرضية المحدودة.	
7	نظام حاسوبي صغير مُصمَّم لأداء مهمة واحدة أو مجموعة مُحدَّدة من المهام، وهو يحتوي عادةً على مُكوِّنات مادية وأُخرى برمجية تعمل معًا لأداء وظيفة مُعيَّنة.	

8	طبقة مسؤولة عن جمع البيانات من محيطها ومن الكائنات الأُخرى، وهي تعمل على تحديد الكائنات بشكل فريد داخل شبكات إنترنت الأشياء، وتنقل البيانات التي تجمعها إلى الطبقة التالية.	
9	طبقة مسؤولة عن تحويل تدفُّقات البيانات الشبكية غير المُتجانِسة إلى معلومات مناسبة من حيث التخزين والتحليل.	
10	أجهزة صغيرة تُستخدَم في تعقُّب الأفراد (بخاصة الأطفال وكبار السِّنِّ)، والحيوانات الأليفة، والمَركَبات والشاحنات (بوصف ذلك جزءًا من نظام مكافحة السرقة). وهي تتصف بحجمها الصغير، وخِفَّة وزنها، وسهولة حملها أو تثبيتها. وقد تكون مُزوَّدة ببطاقة (SIM) للاتصال، وتكون غالبا مقاومة للماء.	

السؤال الثاني: أُعدِّد مزايا شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.

السؤال الثالث: أملأ الفراغ بما هو مناسب في الجمل الآتية:

أ- من مُكوِّنات شبكات إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية:

ب- من طبقات بِنية الطبقات السبع لنظام إنترنت الأشياء:

ج- من مُكوِّنات نظام (RFID):

السؤال الرابع: أُوضِّح كيف تُستخدَم تقنية (RFID) للدفع ببطاقة الائتمان.

السؤال الخامس: أُعدِّد سلبيات نظام إنترنت الأشياء (IoT).

السؤال السادس: كيف تُجمَع البيانات في طبقة الإدراك ضمن بِنية الطبقات الثلاث لنظام إنترنت الأشياء (IoT)؟

نسخة قيد الإعداد

السؤال السابع: أُعدِّد مُكوِّنات تقنية البلوتوث (Bluetooth) في المنازل الذكية.

السؤال الثامن: أُقارِن بين تقنية البلوتوث (Bluetooth) وتقنية زيجبي (Zigbee) من حيث:

1. مدى نقل البيانات.
2. نطاق التردُّد.

السؤال التاسع: تعتمد الطائرات من دون طيّار (Drones) اعتمادًا كبيرًا على الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في المِلاحة وجمع البيانات. أُوضِّح ذلك، وأُدعِّم إجابتي بأمثلة.

السؤال العاشر: أذكر تحدِّيين اثنين من التحدِّيات التي تُواجِهها شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.

نسخة قيد الإعداد

تقويم ذاتي (Self-Checklist)

بعد دراستي هذه الوحدة، اقرأ الفقرات الواردة في الجدول الآتي، ثمَّ أضع إشارة (✔) في العمود المناسب:

مُؤشِّرات الأداء	نعم	لا	لستُ مُتأكِّدًا
أُعرِّف مفهوم إنترنت الأشـــياء (Internet of Things: IoT)، وأَصِف مراحل تطوُّره خلال مُدَد زمنية مُحدَّدة.			
أُوضِّح الخصائص الأساسية لإنترنت الأشياء (IoT).			
أُعدِّد مُكوِّنات نظام إنترنت الأشـــياء (IoT)، وأُبيِّن وظيفة كل مُكوِّن منها.			
أُعرِّف مفهوم طبقات إنترنت الأشياء، وأُبيِّن أهميتها.			
أرســـم نموذجًا لهيكلية طبقات إنترنت الأشياء يُبيِّن وظيفة كل طبقة من هذه الطبقات.			
أرسم نموذجًا لبِنية الطبقات السبع في نظام إنترنت الأشياء، وأُضمِّنه أسماء هذه الطبقات ووظائفها.			
أرسم مُخطَّطًا يُبيِّن كيف تُستخدَم رقاقات (RFID) في تعرُّف الأشياء.			
أذكر أمثلة واقعية على تطبيقات تُستخدَم فيها رقاقات (RFID).			
أَصِف المُكوِّنات وآليَّة العمل لكلٍّ من تقنية البلوتوث (Bluetooth)، وتقنية الواي فاي (Wi-Fi)، وتقنية زيجبي (Zigbee).			
أذكر تطبيقات عملية لكلٍّ من التقنيات السابقة في مختلف مجالات الحياة.			
أُقارِن بين تقنية البلوتوث (Bluetooth)، وتقنية الواي فاي (Wi-Fi)، وتقنيـــة زيجبي (Zigbee) من حيث الموثوقية، واســـتهلاك الطاقة، والتكلفة، والوصول، والجودة، والسرعة، والمرونة.			
أُعرِّف إنترنت الأشياء المُعتمِد على الأقمار الصناعية (Satellite IoT).			

نسخة قيد الإعداد

مُؤشِّرات الأداء	نعم	لا	لستُ مُتأكِّدًا
أُوضِّح مُكوِّنات تقنية إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية، وآليَّة عملها، وبعض التطبيقات المُرتبِطة بها.			
أُبيِّن المزايا والتحدِّيات التي تتعلَّق باستخدام شبكة إنترنت الأشياء المُعتمِدة على الأقمار الصناعية.			
أُوضِّح كيف يُستخدَم نظام إنترنت الأشياء في التنقُّل وتحديد المواقع باستخدام نظام تحديد المواقع العالمي (GPS).			
أُوضِّح بعض التطبيقات التي تعتمد على استخدام شبكة إنترنت الأشياء في مجال التعليم.			
أذكر أمثلة على استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في مجال الطب والزراعة والمِلاحة الجوية.			
أُفسِّر أسباب استخدام الحوسبة المُتضمَّنة (المُدمَجة) في البيئات الخطرة، مثل: أعماق البحار، والمناطق المُلوَّثة، ومواقع التفجيرات.			
أُوضِّح بعض المجالات التطبيقية لإدارة الأشياء عبر شبكة الإنترنت، مثل: الرعاية الصحية، والتسويق، والعمليات الحيوية (اللوجستية)، والبيئة المحيطة.			
أُصمِّم مشروعًا مُصغَّرًا يحاكي شبكة إنترنت الأشياء باستخدام الحسّاسات وتقنية اتصال مُحدَّدة.			

نسخة غير للاعداد

تعليمات للمراجعة والتحسين:

إذا اخترْتُ (لا) أو (لستُ مُتأكِّدًا) لأيٍّ من الفقرات السابقة، فأتَّبِع الخطوات الآتية لتجنُّب ذلك:

- أُراجِع المادة الدراسية؛ بأنْ أُعيد قراءة المحتوى المُتعلِّق بالمعيار.
- أطلب المساعدة؛ بأنْ أُناقِش مُعلِّمي/ مُعلِّمتي أو زملائي/ زميلاتي في ما تعذَّر عليَّ فهمه.
- أستخدم مراجع إضافية؛ بأنْ أبحث عن مراجع أُخرى مثل الكتب، أو أستعين بالمواقع الإلكترونية الموثوقة التي تُقدِّم شرحًا وافيًا للموضوعات التي أَجِد صعوبة في فهمها.

تأمُّلاتٌ ذاتيةٌ

عزيزي الطالبَ/ عزيزتي الطالبةَ:
التأمُّلاتُ الذاتيةُ هيَ فرصةٌ لتقييمِ عمليةِ التعلُّمِ، وفهمِ التحدِّياتِ، وتطويرِ استراتيجياتٍ لتحسينِ عمليةِ التعلُّمِ مستقبلًا. أملأُ الفراغَ في ما يأتي بالأفكارِ والتأمُّلاتِ الشخصيةِ التي يُمكِنُ بها تحقيقُ أفضلِ استفادةٍ منَ التجربةِ التعليميةِ:

تعلَّمْتُ في هذهِ الوحدةِ:

يُمكِنُني أنْ أُطبِّقَ ما تعلَّمْتُهُ في:

الصعوباتُ التي واجهْتُها في أثناءِ عمليةِ التعلُّمِ:

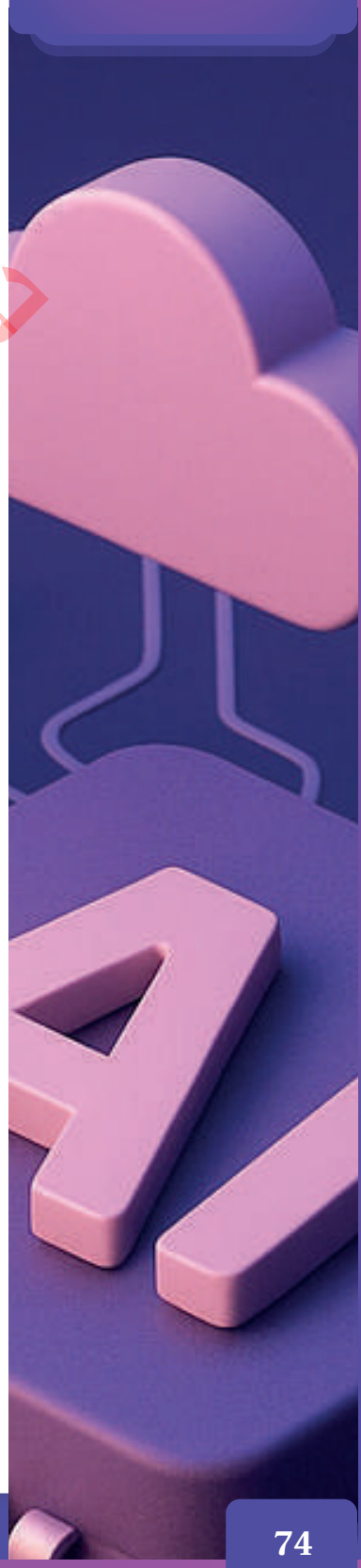
ذلَّلْتُ هذهِ الصعوباتِ عنْ طريقِ:

يُمكِنُني مستقبلًا تحسينُ:

نسخة قيد الإعداد

الوحدة
4

الذكاء الاصطناعي
(Artificial Intelligence)



نظرة عامة على الوحدة

سأتعرَّف في هذه الوحدة شجرة البحث وكيفية بنائها، ومفهوم حيِّز الحالة وعناصره واستخداماته، ثمَّ سأتعرَّف طرائق البحث العمياء في الذكاء الاصطناعي وبعض طرائق البحث الاستدلالية. بعد ذلك سأتعلَّم كيفية بناء الاقتران الاستدلالي، وطرائق استخدام الاقترانات التقييمية، ثمَّ سأُطبِّق بعض الخوارزميات على ألعاب الذكاء الاصطناعي، وأُبرمِج خوارزمية (MINIMAX) للعبة (XO).

يُتوقَّع منّي في نهاية الوحدة أنْ أكون قادرًا على :

- توضيح طريقة بناء شجرة بحث.
- توضيح مفهوم حيِّز الحالة وعناصره واستخداماته.
- بيان كيفية بناء أشجار الألعاب.
- بناء أشجار الألعاب.
- بناء أشجار بحث ومُخطَّطات لمسائل ذكاء اصطناعي.
- استخدام طرائق البحث العمياء في حيِّز الحالة.
- استخدام طريقة البحث الاستدلالية في حيِّز الحالة.
- بناء اقتران تقييمي استدلالي لمسائل مختلفة.
- توضيح كيف تُستخدَم الاقترانات التقييمية.
- تطبيق خوارزمية (MiniMax) على ألعاب الذكاء الاصطناعي.

نسخة قيد الإعداد

فهرس الوحدة :

- **الدرس الأوَّل**: مُقدِّمة في شجرة البحث (Introduction to Search Tree).
- **الدرس الثاني**: استراتيجيات البحث في الذكاء الاصطناعي
- **الدرس الثالث**: الاقتران الاستدلالي (Heuristic Function).
- **الدرس الرابع**: تطبيقات الذكاء الاصطناعي باســـتخدام لغة البرمجة بايثون (Artificial Intelligence Applications using Python).

المهارات الرقمية:
التفكير الحاسوبي، التواصل الرقمي، حَلُّ المشكلات، الإبداع والابتكار الرقميان.

نسخة قيد الإصدار

الدرس الأوَّل

مُقدِّمة في شجرة البحث
(Introduction to the SearchTree)

نسخة قيد الإعداد

الفكرة الرئيسة:

سأتعرَّف في هذا الدرس مفهوم شجرة البحث ومُكوِّناتها، وأتعلَّم كيف تُمثَّل بعض الألعاب باستخدام شجرة البحث. كذلك سأتعرَّف مفهوم حيِّز الحالة (State Space)، ثمَّ أتدرَّب على بناء حيِّز الحالة لمجموعة من المسائل المختلفة، إضافةً إلى تمييز المسائل التي يُمكِن بناء حيِّز حالة لها من تلك التي لا يُمكِن بناء حيِّز حالة لها.

المفاهيم والمصطلحات:

الوكيل (Agent)، حيِّز الحالة (State Space)، الحالات (States)، الحالة الأوَّلية (Initial state)، الجذر (Roots)، الحالة الهدف (Goal State)، الإجراءات (Actions)، النموذج الانتقالي (Transition model)، تكلفة الإجراء (Function Cost Action)، المسار (Path)، الحَلُّ (Solution)، مسار التوسُّع لنقطة مُعيَّنة (Frontier).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُوضِّح شجرة البحث وعناصرها.
- أرسم شجرة بحث لمسألة ما.
- أُمثِّل لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) بوصفها شجرة بحث.
- أُمثِّل لعبة (XO) بوصفها شجرة بحث.
- أُوضِّح مفهوم حيِّز الحالة.

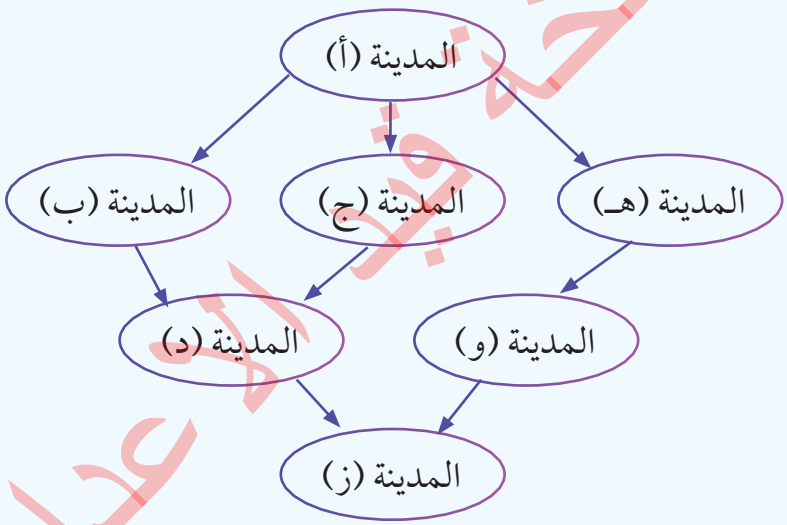
- أبني حيِّز الحالة لمسائل مُتعدِّدة.
- أُميِّز المسائل التي يُمكِن بناء حيِّز حالة لها.

يعمل الـــذكاء الاصطناعي على حَلِّ مشـــكلات مُعيَّنـــة، وتنفيذ مهام مُتقدِّمـــة، مثل: الإدراك (الرؤية والكلام)، وفهم اللغة الطبيعية، والتشخيص الطبي، والتحليلات الكيميائية، وغير ذلك من المهام؛ إذ يتطلَّب حَلُّ المشكلة الوصول إلى حالة مُعيَّنة ضمن مجموعة من الإجراءات العملية، في ما يُعرَف بعملية البحث.

نشاط تمهيدي

أدرس النص الآتي، ثمَّ أُجيب عن السؤال الذي يليه:

"يعمل ســـامي في المدينة (ز)، ويسكن في المدينة (أ)، حيث يوجد العديد من الطرق الموصِلة بين المنزل ومكان العمل كما يظهر في الشكل (1-1) " :



الشكل (1-1): المسارات من النقطة (أ) إلى النقطة (ز).

إذا كنْتُ مكان سامي، فهل سألتزم يوميًّا بالطريق نفسه أم سأسلك طرقًا مختلفةً؟ أُناقِش إجابتي مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نسخة قيد الاعداد

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ المشـــكلة (المسألة) هي الهدف أو الناتج الذي يُراد الوصول إليه عن طريق تنفيذ مجموعة من الخطوات أو الإجراءات بناءً على معطيات مُحدَّدة. تشتمل هذه الإجراءات على أربع خطوات رئيسة، هي:

1. **صياغة الهدف**: يجب تحديد الهدف (أو الأهداف) الذي يُراد تحقيقه بلغة مفهومة، وتنظيمه، وكذا تحديد الإجراءات التي يتعيَّن اتِّباعها للوصول إلى هذا الهدف. بالعودة إلى النشـــاط التمهيدي السابق، فإنَّ الهدف المنشود هو الوصول إلى المدينة (ز) انطلاقًا من المدينة (أ).
2. **صياغة المشكلة**: ينبغي تقديم وصف واضح للمشكلة التي يُراد حَلُّها، والتحدِّيات أو القيود المُتعلِّقة بالحَلِّ (إنْ وُجِدت) ذات الصلة بالمصـــادر المتاحة، أو نوعيتها، أو جودتها؛ بُغْيَةَ الوصول إلى الهدف المنشـــود. ففي النشاط التمهيدي المذكور آنفًا، تتمثَّل صياغة المشكلة في "البحث عن أسرع طريق للانتقال من المدينة (أ) إلى المدينة (ز)".
3. **البحث**: يجب محاكاة جملة التسلســـلات والإجراءات المُتوافِرة في المسألة للوصول إلى التسلسل الأفضل الذي يُحقِّق الهدف المنشود. غير أنَّه يُمكِن – في بعض الحالات– محاكاة تسلســـلات عديدة لا توصِل إلى الهدف المطلوب؛ ما يُحتِّم الاستمرار في عملية المحاكاة لحين الوصول إلى التسلسل الصحيح.
4. **التنفيذ**: يتولّى الوكيل (Agent)، الذي يُطلَق عليه أحيانًا اسم العميل، تنفيذ إجراءات الحَلِّ (البحث) خطوة خطوة. بالعودة إلى النشاط التمهيدي السابق، فإنَّ الوكيل هو سامي، لكنَّ ذلك ليس مقياسًا يُعْتَدُّ به؛ فقد يكون الوكيل في مسائل أُخرى هو البرنامج أو النظام.

تُمثَّل المشكلة عن طريق مجموعة من الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للحَلِّ، تُسمّى فضاء البحث، في حين يُطلَق على التمثيل المُنظِّم للحالات والعلاقات بينها اسم حيِّز الحالة (State Space).
تُمثَّل المشـــكلة بشـــكل هرمي يتكوَّن من عُقَد (Nodes) وفروع (Edges) تُســـمّى شجرة البحث (Search Tree). وبينمـــا تُمثِّل كل عُقْدة في الشـــجرة حالةً مُعيَّنةً من المشـــكلة، فإنَّ كل فرع في الشجرة يُمثِّل إجراءً يؤدّي إلى حالة جديدة. تجدر الإشارة إلى أنَّ هذا النموذج يُستخدَم في الذكاء الاصطناعي وتحليل الخوارزميات.

تتطلَّب صياغة المشكلة وتمثيلها تمثيلًا دقيقًا تحديد العناصر الآتية:

1. **الحالات (States)**: تُســـمّى الحالات أيضًا النقاط أو العُقَد (Nodes)؛ وهي مجموعة النقاط التي تُنظَّم بشكل هرمي، وتُمثِّل كل نقطة منها حالة من حالات فضاء البحث كما في الشكل (1-1) الذي يتضمَّن الحالات الآتية: (أ، ب،ج، د، هـ، و، ز).

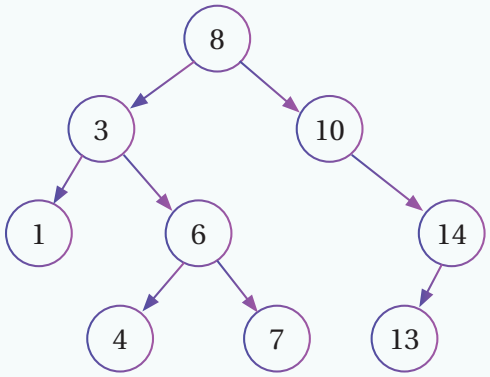
2. **الحالة الأوَّلية (Initial State) أو الجذر(Roots)**: حالة ابتدائية للمشكلة؛ أيْ نقطة الانطلاق للبحث عن الحَلِّ، وتُمثِّلها المدينة (أ) في الشكل (1-1).
3. **الحالة الهـــدف (Goal State)**: حالة مرغوب الوصول إليها، وقـــد تكون حالة واحدة، أو مجموعة من الحالات، وتُمثِّلها المدينة (ز) في الشكل (1-1).
4. **الإجراءات (Actions)**: مجموعة من الإجراءات التي تَقْبل التطبيق، ويستطيع العميل تنفيذها للوصول إلى الحَلِّ، ويُمثِّلها الانتقال من المدينة (ب) إلى المدينة (د) في الشكل (1-1).
5. **النموذج الانتقالي (Transition Model)**: نموذج يُقدِّم وصفًا لِما يتضمَّنه كل إجراء في حالة مُعيَّنة.
6. **تكلفة الإجراء (Action Cost Function)**: تشـــير تكلفة الإجراء إلى التكلفة العددية لتطبيق إجراء مُعيَّن. على سبيل المثال، عند الانتقال من مدينة إلى أُخرى، قد تُحسَب التكلفة بالمسافة المقطوعة، أو الوقت المُستغرَق للوصول إلى المدينة المقصودة، أو بالتكلفة المادية للانتقال بين المدينتين، علمًا بأنَّ التكلفة الإجمالية هي مجموع تكلفة الإجراءات مُنفرِدة.
7. **المســـار (Path)**: مجموعـــة النقـــاط أو الحـــالات المتتاليـــة فـــي الشـــجرة. ففي الشكل (1-1) مثلًا، المسار بين المدينة (ج) والمدينة (ز) هو:
المدينة (ج) – المدينة (د) – المدينة (ز).
8. **الحَـــلُّ (Solution)**: مســـار مـــن النقطـــة الأوَّليـــة (الابتدائيـــة) إلـــى النقطـــة الهدف. ففي الشكل (1-1) مثلًا، الحَلُّ هو المسار الآتي:
المدينة (أ) – المدينة (ج) – المدينة (د) – المدينة (ز).
9. **الحَلُّ الأمثل (Optimal Solution)**: حَلٌّ ذو مسار أقل تكلفة بين مسارات الحلول المُحتمَلة (المُمكِنة) جميعها.
10. **الأب (Parent)**: عُقْدة يتفرَّع منها عُقَد أُخرى تُسمّى الأبناء. ففي الشكل (1-1) مثلًا، يُطلَق على العُقْدة (أ) اسم الأب، ويُطلَق على العُقَد (هـ، ج، ب) اسم الأبناء، في حين يُطلَق على العُقْدة (ز) اسم العُقْدة الميتة؛ نظرًا إلى عدم وجود أبناء لها.

إضاءة

يَصِفُ حيِّز الحالة مجموعة الحالات (قد تكون لانهائية) والإجراءات التي تسمح بالانتقال من حالة إلى أُخرى، في حين تَصِفُ شجرة البحث المسارات بين هذه الحالات، وصولًا إلى الحالة الهدف. وفي هذا السياق، تحتوي الشجرة على عُقَد ومسارات مُتعدِّدة لأيِّ حالة، وكل عُقْدة في الشجرة لها مسار فريد للعودة إلى الجذر أو إلى الحالة الأوَّلية (الابتدائية).

نسخة قيد الإعداد

نشاط فردي



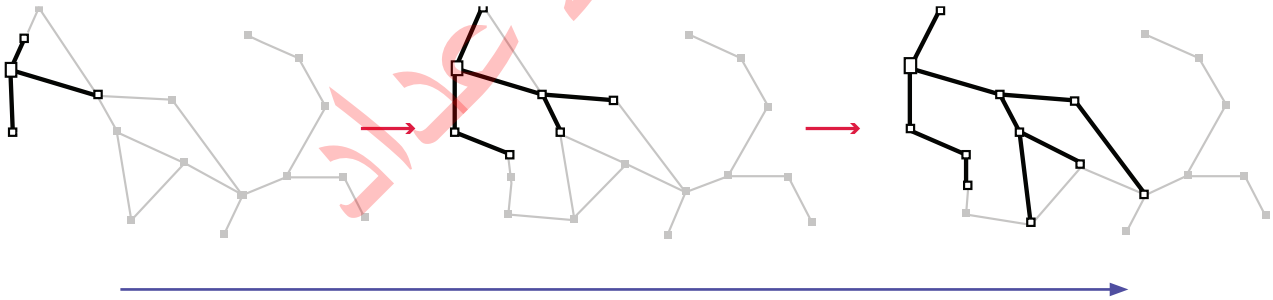
أدرس الشكل المجاور، ثمَّ أُجيب عن الأسئلة الآتية:

1. أُحدِّد الحالة الأوَّلية التي يُمثِّلها هذا الشكل.
2. أُعدِّد العُقَد الظاهرة في الشكل.
3. أذكر من الشكل مثالين على كلٍّ من المسار، والأب، والعُقَد الميتة.

خوارزميات البحث

تتمثَّل آليَّة عمل خوارزميات البحث في التركيز على خيار واحد، ووضع الخيارات الأُخرى جانبًا؛ أي النظر إلى حالة واحدة فقط، فإذا تبيَّن أنَّ هذه الحالة ليست الحالة الهدف، فيتمُّ التوسُّع في نطاق البحث، ليشـــمل البحث في إحدى عُقَد الأبناء إلى حين الوصول إلى عُقْدة ميتة (العُقْدة التي ليس لها أبناء). يُطلَق على مجموعة العُقَد المتاحة للتوسُّع في نقطة مُعيَّنة اسم حدود التوسُّع لتلك العُقْدة (Frontier)، وقد تُسمّى أحيانًا القائمة المفتوحة (Open List).

تســـتمر هذه العملية إلى حين الوصول إلى الحَلِّ (الحالة الهدف)، أو انتهاء الفحص في الحالات جميعها. أنظر الشكل (1-2) الذي يُبيِّن كيف يُمكِن التوسُّع في البحث من عُقْدة إلى أُخرى.



الشكل (1-2): التوسُّع في عملية البحث.

في بعض الأحيان، قد تُواجِه شجرة البحث مسارات مُتكرِّرة (Redundant Paths)؛ ما يعني إمكانية الوصول إلى النقطة نفسها عن طريق مســـارات كثيرة. وهذا الإجراء قد يُحوِّل المشكلة التي تَقْبل الحَلَّ إلى مشكلة مُستعصِية.

نسخة غير قابلة للاعداد

يوجد نوعان من المشكلات التي تحتاج إلى حَلٍّ، هما:

1. **المشكلات القياسية (Standardized Problem)**: مشكلات يستخدمها الباحثون في المقارنة بين أداء الخوارزميات، ويُمكِن وصفها بشكل موجز ودقيق.
2. **المشكلات الواقعية (Real-World Problem)**: مشـــكلات تتعلَّق بالحياة العملية، ويُمكِن صياغتها صياغة فردية، وهي ليست مُوحَّدة.

أمثلة على المشكلات القياسية:

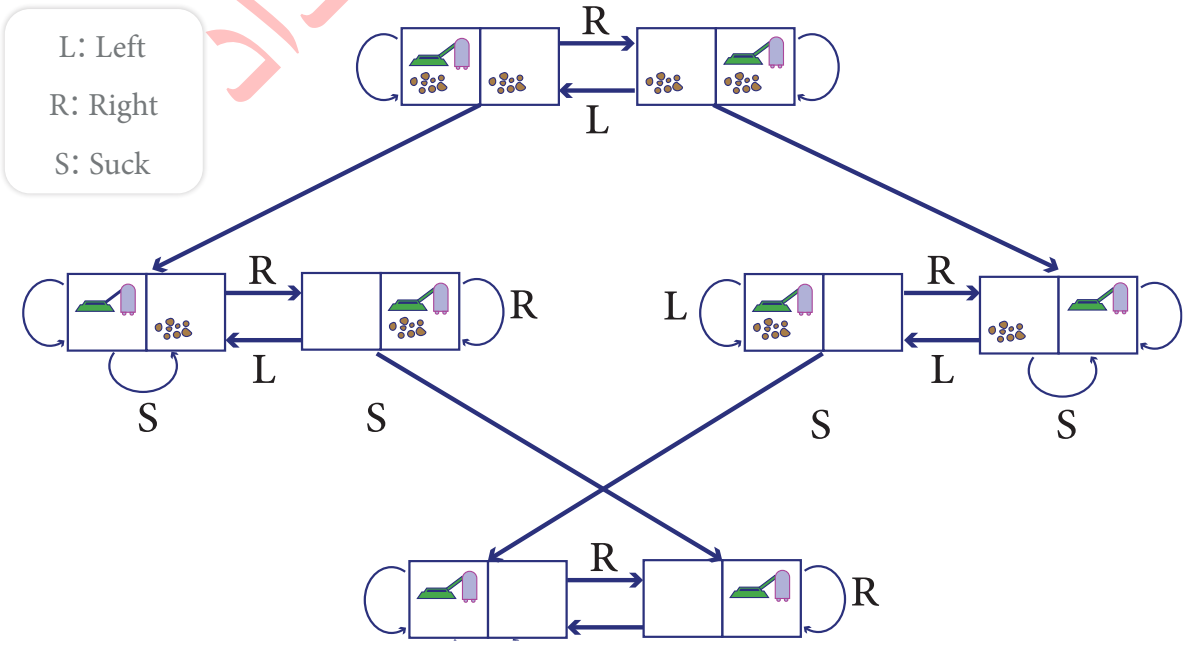
يوجد العديد من الأمثلة على المشكلات القياســية، وهذه أبرزها: روبوت التنظيف، ولعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8-Puzzle)، ولعبة الشطرنج، ولعبة (XO).

يُطلَق على هذا النوع من المشـــكلات اسم مشكلة عالَم الشـــبكة (Grid World Problem)، وهي مصفوفة ثنائية الأبعاد من المستطيلات، تحتوي على خلايا مُربَّعة، فيها أشياء يُمكِن للعميل التقاطها، أو دفعها، أو التصـــرُّف فيها بطريقة مُعيَّنة. كذلك يُمكِن للعميل أنْ ينتقل من خلية إلى أُخرى أفقيًّا، أو عموديًّا، وأحيانًا قُطْريًّا. وقد تحتوي هذه الخلايا على عقبة أو جدار يَحول دون المرور عبرها.

في ما يأتي بيان لبعض الأمثلة على هذا النوع من المشكلات:

أوَّلًا: روبوت التنظيف (The Vacuum Robot).

يُمكِن صياغة هذه المشكلة بطريقة عالَم الشبكة كما في الشكل (1-3).



الشكل (1-3): روبوت التنظيف.

يُمثِّل هذا الشكل الإصدار البسيط من روبوت التنظيف. وفيه تتكوَّن الحالة من مستطيل يحتوي على مُربَّعين، وكل مُربَّع قد يحتوي على الروبوت (العميل) الذي سيتولّى عملية التنظيف، أو الأوساخ، أو كليهما، أو قد يكون فارغًا.

يُمكِن تحليل الشكل السابق على النحو الآتي:

عدد الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) لروبوت التنظيف هو (8) حالات، حيث إنَّ عدد المُربَّعات في كل حالة اثنان، وكل مُربَّع إمّا أنْ يحتوي على أوساخ، وإمّا أنْ يكون نظيفًا؛ ما يعني وجود حالتين مُمكِنتين. كذلك يُمكِن للروبوت (العميل) أنْ يوجد في أيٍّ من المُربَّعين، في دلالة على وجود حالتين مُمكِنتين أيضًا.

إذن، يصبح عدد الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة):

2 (وجود الأوساخ في المُربَّع الأوَّل، أو عدم وجودها فيه) × 2 (وجود الأوساخ في المُربَّع الثاني، أو عدم وجودها فيه) × 2 (موقع الروبوت في أحد المُربَّعين) = 8 حالات.

- **الحالة الأوَّلية (الابتدائية):** يُمكِن عَدُّ أيِّ حالة من الحالات الظاهرة في الشكل حالة ابتدائية.
- **الإجراءات:** في عالَم الشبكة الظاهرة في الشكل، حُدِّدت ثلاثة إجراءات أساسية، هي: إزالة الأوساخ، والتحرُّك إلى اليسار، والتحرُّك إلى اليمين. وقد يضاف إلى هذه الإجراءات الثلاثة – في أمثلة أُخرى – التحرُّك إلى الأعلى، والتحرُّك إلى الأسفل.
- **نموذج الانتقال:** في هذه المسألة، يُستخدَم التعبير الآتي للدلالة على نموذج الانتقال: شفط الأوساخ، التحرُّك إلى الأمام (خلية واحدة)، التحرُّك إلى الخلف، الانعطاف إلى اليمين، الانعطاف إلى اليسار.
- **الحالة الهدف:** الحالة الهدف في هذه المشكلة هي أنْ تكون جميع المُربَّعات نظيفة.
- **تكلفة الإجراء:** تُحسَب التكلفة بعدد الإجراءات، وكل إجراء يُكلِّف وحدة واحدة.

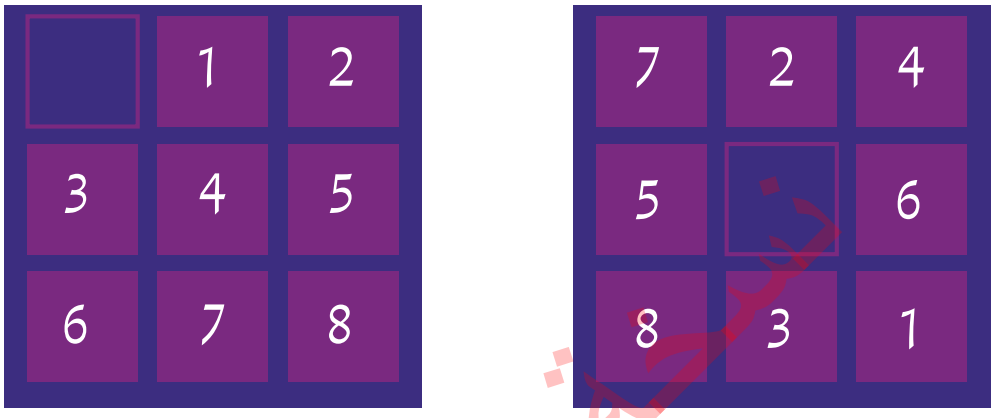
نشاط جماعي

أُحدِّد – بالتعاون مع أفراد مجموعتي – مسارين للحَلِّ في الشكل (1-3)، ثمَّ نَحسُب تكلفتهما. بعد ذلك نُقارِن النتائج التي توصَّل إليها في المجموعة بالنتائج التي توصَّل إليه الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى، ثمَّ نُناقِش معًا سبب الاختلاف (إنْ وُجِد)، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة تجريبية للإعداد

ثانيًا: لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) .

تُمثَّل هذه اللعبة عن طريق شـــبكة أبعادها (3 × 3)، وهي تحتوي على (8) مُربَّعات مُرقَّمة من (1) إلى (8)، إضافةً إلى مســـاحة فارغة واحدة. أمّا هدف اللعبة فهو الوصول إلى ترتيب متتالٍ للأرقام على المُربَّعات، وذلك باستخدام المساحة الفارغة في تحريك المُربَّعات إلى اليمين، أو إلى اليسار، أو إلى الأعلى، أو إلى الأسفل كما هو مُبيَّن في الشكل (1–4).



الحالة الأوَّلية (الابتدائية)
Start State

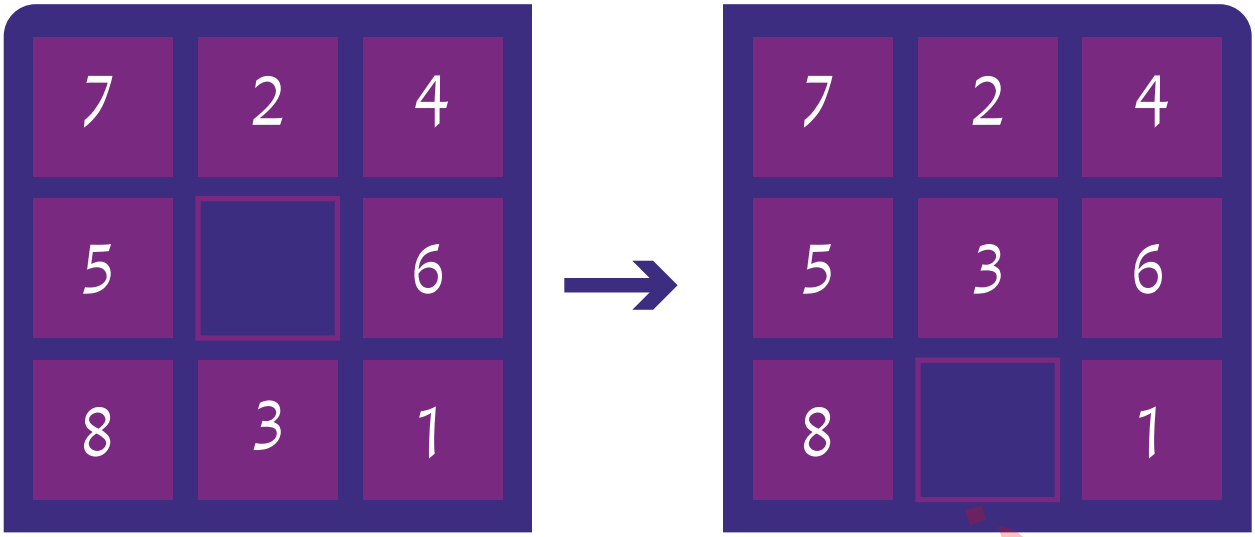
الحالة الهدف
Goal State

الشكل (1–4): لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle).

يُمكِن تحليل الشكل السابق على النحو الآتي:

- **العُقَد (Nodes)**: هي المُربَّعات المُرقَّمة.
- **الحـــالات (States)**: الحالة في هذه اللعبة هي وصف لموقـــع كل مُربَّع من المُربَّعات ضمن الشبكة.
- **الحالة الأوَّلية (Initial State)**: يُمكِن تحديد أيِّ توزيع للمُربَّعات بوصفه حالة ابتدائية.
- **الإجراءات (Actions)**: تتمثَّل الإجراءات في تحريك المُربَّع الفارغ إلى اليمين، أو إلى اليسار، أو إلى الأعلى، أو إلى الأســـفل، ومراعاة أنَّ بعض الإجراءات قد تكون غير قابلة للتطبيق إذا كانت المساحة الفارغة موجودة على إحدى الحافات أو الزوايا.
- **نموذج الانتقال (Transition Model)**: يربط هذا النموذج كل حالة وإجراء بحالة ناتجة جديدة. على ســـبيل المثال، عند تحريك المساحة الفارغة إلى الأسفل، فإنَّ الحالة الناتجة ستكون كما هو مُبيَّن في الشكل (1–5).

نسخة قيد الإعداد



الشكل (1–5): نموذج انتقال المُربَّع الفارغ مَحَلَّ (مكان) البلاطة (القطعة) التي تحوي الرقم (3).

أمثلة على المشكلات الواقعية:

تتعدَّد الأمثلة على هذا النوع من المشكلات، ويُمكِن إجمال أبرزها في ما يأتي:

- تطبيقات تحديد المسار، مثل مشكلة الانتقال من مدينة إلى أُخرى التي ورد ذكرها في بداية الدرس.
- الشبكة العنكبوتية (مواقع الويب)، وهي تُعَدُّ مثالًا جيِّدًا على المشكلات الواقعية.
- أنظمة السيّارات التي تُوفِّر اتجاهات عديدة للقيادة، وتُقدِّم طرقًا بديلةً في حال وجود عوائق أو ازدحام مروري، ومن ثَمَّ تتفاوت تكلفة الانتقال تبعًا للتأخيرات الناجمة عن حركة المرور.
- أنظمة تخطيط السفر الجوي.

مثال:

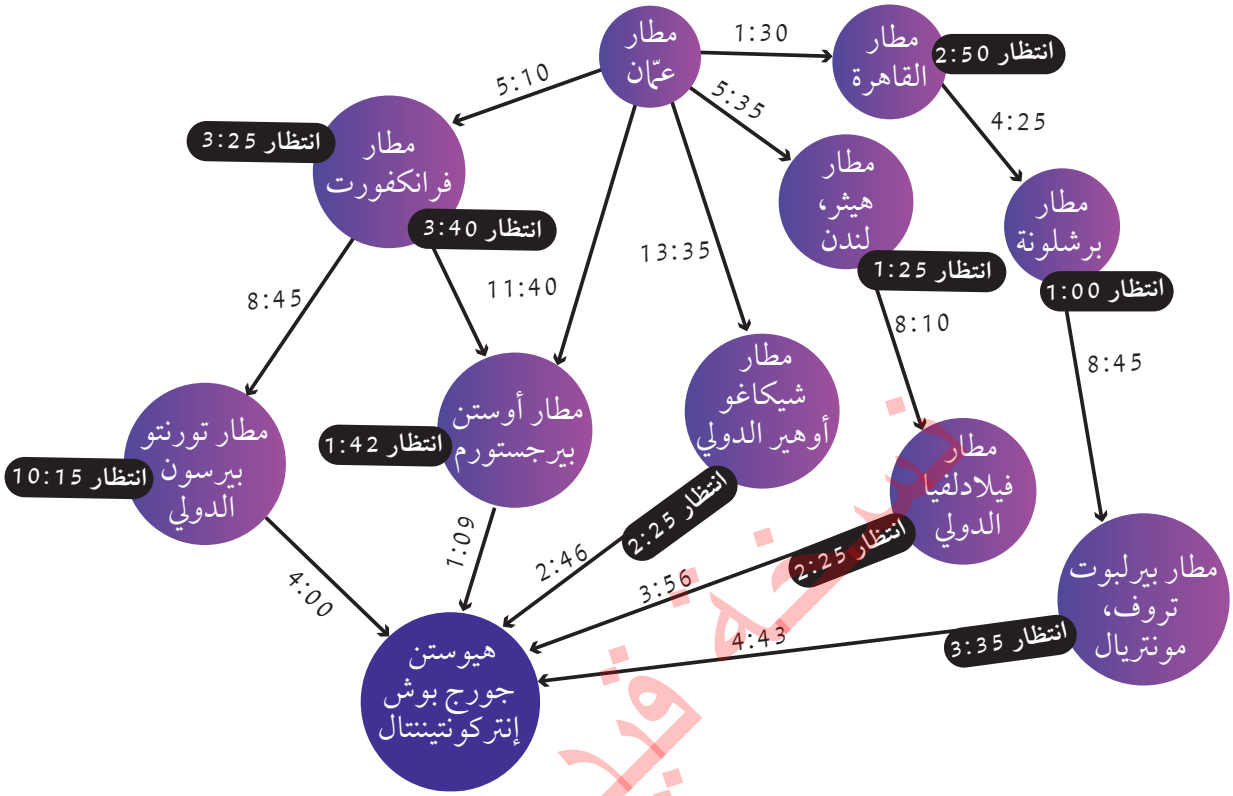
ترغب سناء في السفر إلى أمريكا، وتحديدًا إلى مدينة هيوستن في ولاية تكساس، علمًا بأنَّه لا توجد رحلة مباشرة من مطار الملكة علياء الدولي (AMM) إلى ولاية تكساس. استنادًا إلى شجرة البحث في الشكل (1–6)، ما الخيارات المتاحة أمام سناء؟

نظرًا إلى عدم وجود رحلة مباشرة من مدينة عمّان إلى ولاية تكساس؛ فإنَّه يتعيَّن على سناء اختيار رحلة تتضمَّن التوقُّف في عدد من المَحطّات (ترانزيت).

تُظهِر شجرة البحث وجود عدد من المسارات المُحتمَلة (المُمكِنة) للوصول إلى مدينة هيوستن، مرورًا بمَحطّات توقُّف مُحدَّدة. ويُبيِّن كل مسار وقت الانتظار في المَحطَّة، ويشير الوقت المكتوب على كل سهم إلى مُدَّة الرحلة بين كل مَحطَّتين متتاليتين. لاختيار مسار الرحلة الأفضل، يُمكِن

نسخة قيد الإعداد

حســـاب الوقت الإجمالي المُتوقَّع للوصول عبر كل مســـار، إضافةً إلى حساب تكلفة كل مسار؛ للمقارنة بين الخيارات المُتوافِرة، واتِّخاذ القرار الأمثل.



الشكل (1-6): شجرة البحث للانتقال من مطار الملكة علياء الدولي (AMM) إلى مدينة هيوستن.

نسخة قيد الإعداد

نشاط جماعي

اعتمادًا على شـــجرة البحث الخاصة بالانتقال من مطار الملكة علياء الدولي (AMM) إلى مدينة هيوستن، أُجيب - بالتعاون مع أفراد مجموعتي - عن الأسئلة الآتية:

1. أُحدِّد جذر الشجرة.
2. أُعدِّد حالات فضاء البحث.
3. أذكر مسارين يُمكِن اتِّخاذهما للوصول إلى الوجهة المنشودة.
4. ما الحالة الهدف في هذه الشجرة؟
5. ما تكلفة الانتقال من مدينة عمّان إلى مدينة هيوستن بالوقت، مرورًا بمطار شيكاغو؟
6. هـــل يُمكِن اعتماد تكلفة انتقال أُخرى؟ هل ســـيكون فضاء البحث مختلفًا في حال اعتمادها؟
7. ما نموذج الانتقال الخاص بالرحلة من مدينة عمّان إلى مدينة مونتريال؟

أُناقِش إجابات الأســـئلة مع زملائي/ زميلاتـــي في المجموعة، ثمَّ أعرضهـــا أمام أفراد المجموعات الأُخرى بهدف التوصُّل إلى استنتاجات مُشترَكة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

إثراء

في مدينة بوسطن الأمريكية، استُخدِمت خوارزميات البحث والتحسين في توجيه حافلات المدارس؛ ما أفضى إلى توفير (5) ملايين دولار، وخفض نِسَب تلوُّث الهواء والازدحامات المرورية، وتوفير الوقت والجُهْد لكلٍّ من السائقين والطلبة.

بناء حيِّز الحالة (State Space)

تعرَّفْتُ سابقًا أنَّ حيِّز الحالة هو: مجموعة الحالات (قد تكون لانهائية) والإجراءات التي تسمح بالانتقال من حالة إلى أُخرى. والآن سأتعرَّف الخطوات اللازمة لبناء حيِّز الحالة عند رسم شجرة بحث:

1. البَدْء برسم عُقْدة الجذر التي تُمثِّل الحالة الأوَّلية (الابتدائية).
2. تحديد جميع التحرُّكات أو الانتقالات المُحتمَلة (المُمكِنة) من هذه الحالة، ورسم فروع منها.
3. تكرار العملية لكل عُقْدة حتّى الوصول إلى الحالات النهائية.
4. إضافة تسمية إلى كل عُقْدة لتوضيح الحالة.

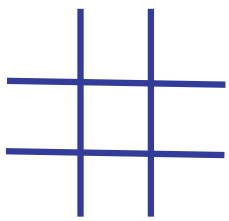
:

مثال:

أرسم شجرة البحث للعبة (Tic-Tac-Toe) المعروفة باسم لعبة (X-O).

يُمكِنني رسم شجرة البحث باتِّباع الخطوات الآتية التي ذُكِرت آنفًا:

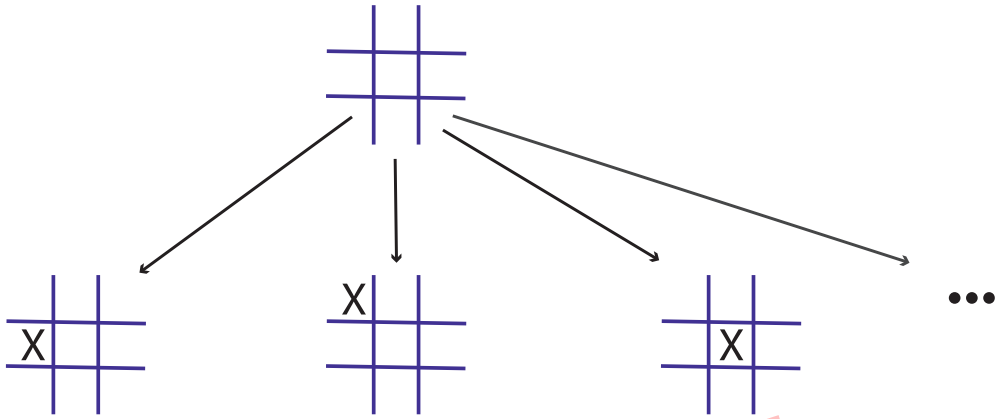
1. رسم الجذر، وهو في هذه اللعبة لوحة فارغة كما في الشكل (1-7).



الشكل (1-7): اللوحة فارغة (جذر اللعبة).

نسخة قيد الإعداد

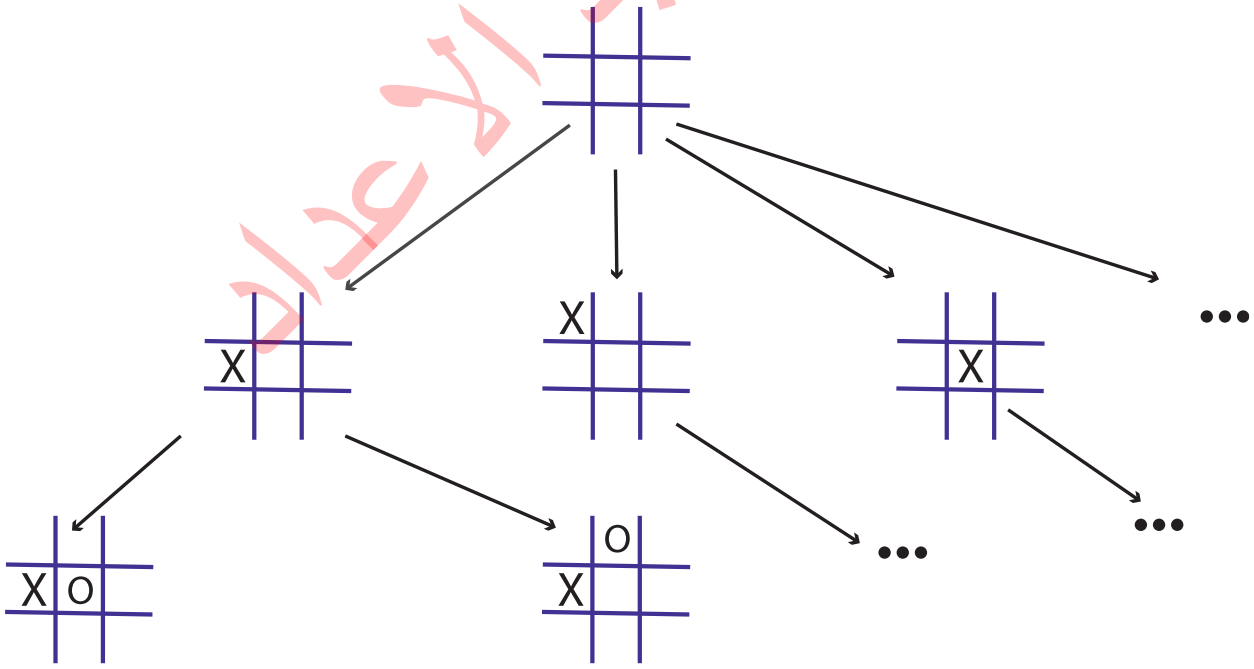
2. تحديد جميع الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (X) على أساس أنَّه مَنْ سيبدأ اللعب كما في الشكل (1-8).



الشكل (1-8): بعض الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (X).

بهذه الطريقة، أكون قد حدَّدْتُ المستوى الثاني من شجرة البحث.

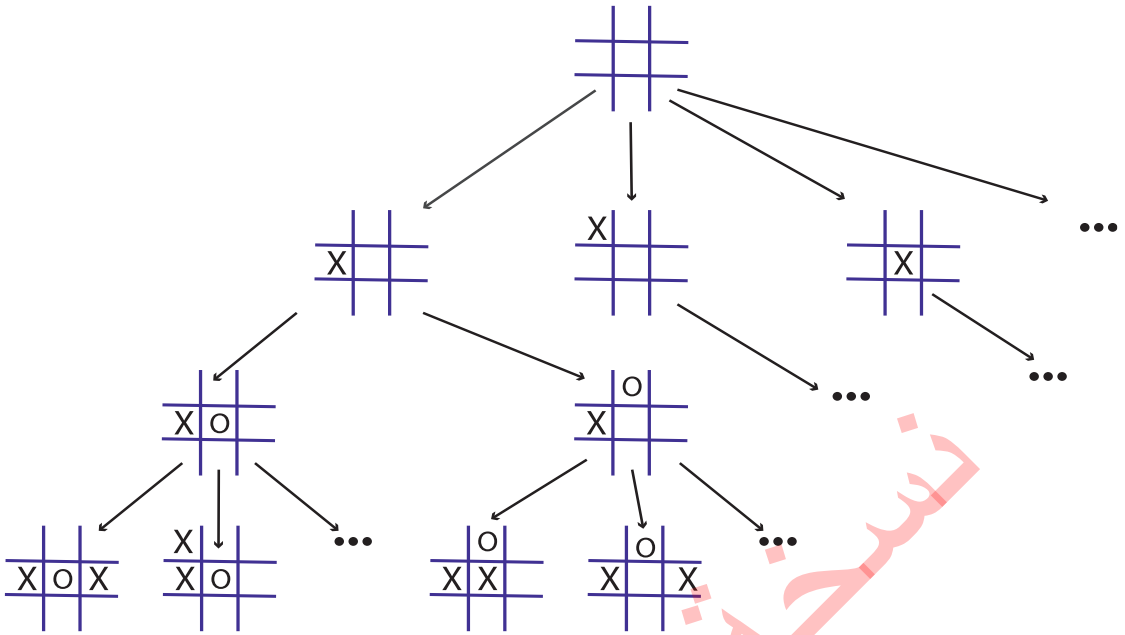
3. تحديد جميع الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (O) بناءً على تحرُّكات اللاعب (X) في المستوى الثاني كما في الشكل (1-9).



الشكل (1-9): بعض الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (O) استنادًا إلى تحرُّكات اللاعب (X).

نسخة قيد الإعداد

4. رسم المستوى الرابع من شجرة البحث، وتحديد جميع الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (X) كما في الشكل (1-10).



الشكل (1-10): المستوى الرابع من لعبة (XO).

5. تكرار العمليات السابقة وصولًا إلى الحالات التي يفوز فيها أحد اللاعبيْنِ.

نشاط فردي

اعتمادًا على المثال السابق، أرسم الحالات الكاملة لإنهاء حيِّز العمل الخاص بلعبة (X-O)، هل يُمكِن فعل ذلك؟ أُبرِّر إجابتي.

نشاط فردي

أقرأ الوصف الآتي للعبة (Sokoban Puzzle)، ثمَّ أرسم الحلول المُحتمَلة (المُمكِنة) على شكل شجرة بحث، ثمَّ أُناقِش ما أتوصَّل إليه من حلول مع الزملاء/ الزميلات في الصف:

الشكل (1-11): أحجية (Sokoban Puzzle).

"في أحجية (Sokoban Puzzle) المُمثَّلة في الشكل (1-11)، يجب على اللاعب دفع عدد من الصناديق المُنتشِرة في الشبكة إلى مواقع تخزين مُحدَّدة، بحيث تُعبِّر الحالة عن تغيير مكان صندوق واحد. عند تحريك الصندوق إلى الأمام، فإنَّ اللاعب والصندوق يتحرَّكان نحو الأمام في حال وجود مساحة فارغة على الجانب الآخر من الصندوق، علمًا بأنَّه لا يُسمَح للاعب أنْ يدفع الصندوق إلى صندوق آخر أو إلى الجدار".

نسخة قيد الإعداد

أبحث

أبحث عـــن رحلات مُتنوِّعة من مطار الملكة علياء الدولـــي (AMM) إلى مدينة جاكرتا في إندونيسيا، باستخدام أيِّ موقع إلكتروني لحجز الرحلات، مثل: المواقع الإلكترونية الخاصة بمقارنة الأسعار، والمواقع الإلكترونية لشركات الطيران ، وذلك باتِّباع الخطوات الآتية:

أفتح موقعًا إلكترونيًّا لحجز تذاكر الطيران يتحلّى بالمصداقية والموثوقية.

- **أُدخِل تفاصيل الرحلـــة، وهي:** من مطار الملكة علياء الدولـــي (AMM) إلى جاكرتا، إندونيسيا.
- أُحدِّد تاريخ الســـفر؛ بأنْ أختار تاريخ المغادرة، علمًـــا بأنَّه يُمكِنني البحث عن رحلات ذهاب فقط، أو عن رحلات ذهاب وعودة.
- أستعرض خمســـة خيارات – على الأقل – للرحلات المختلفة التي قد تشمل رحلات متصلة بمَحطّات توقُّف مُتعدِّدة.
- أُسجِّل لكل خيار عدد مَحطّات التوقُّف (إذا كانت الرحلة غير مباشرة)، وخطوط الطيران المُستخدَمة في كل مرحلة، وإجمالي التكلفة بالدينار الأردني.
- أُنشِـــئ لكل خيار شجرة بحث تُمثِّل الخيارات المُكتشَفة؛ على أنْ تبدأ شجرة البحث من بوّابة المغادرة في مطار الملكة علياء الدولي (AMM)، ثمَّ تتفرَّع إلى مَحطّات التوقُّف (إنْ وُجِدت)، وتُبيِّن مســـار كل رحلة وصولًا إلى مدينة جاكرتا، ثمَّ تُحوَّل التكلفة الإجمالية لكل مسار (في العُقَد النهائية) بوصفها عنصرًا للتقييم.

نسخة قيد الاعداد

أُناقِش

أُناقِش أفراد مجموعتي في الأسئلة الآتية:

1- ما المسائل التي يُمكِن بناء حيِّز حالة لها؟

2- ما المسائل التي لا يُمكِن بناء حيِّز حالة لها؟

3- أُبرِّر إجابتي في كلتا الحالتين.

نُدوِّن الإجابة التي نتوصَّل إليها في المجموعة، ثمَّ نُناقِشها مع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى للتوصُّل إلى إجابة صحيحة مُوحَّدة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

المواطنة الرقمية:

- **توظيف مهارات التفكير الحاســـوبي بوعي رقمي**: أُطبِّق مفاهيم التفكير الحاسوبي عن طريق تحليل المسائل وتقســـيمها إلى أجزاء صغيرة (**Decomposition**)، وتحديد الخطوات المنطقية لحَلِّها (**Algorithmic Thinking**) عند بناء حيِّز الحالة وشجرة البحث، وأُراعي النزاهة الرقمية والالتزام الأخلاقي باستخدام المصادر الموثوقة أثناء عملية التعلُّم.
- **تقييم الحلول وتحليلها رقميًّا**: أستخدم أدوات المقارنة الرقمية في تحليل المسارات والحلول المختلفة للوصول إلى الحَلِّ الأمثل (**Optimal Solution**)؛ سواء من حيث التكلفة أو من حيث الوقت، وأُعبِّر عن ذلك بوضوح في شـــجرة البحث الرقمية، وألتزم الدِّقَّة والنزاهة عند عرض البيانات والمعلومات.
- **التعلُّم المستمر والتطوير الذاتي**: أُعزِّز مهاراتي – بوصفي مُواطِنًا رقميًّا– بالبحث المستمر عن المُستجَدّات في مجال خوارزميات البحث وتقنيات الذكاء الاصطناعي؛ لفهم ما يدور حولي في العالَم التقني وتطبيقاته الواقعية، بما يُسهِم في تطوير قدراتي ومعارفي الرقمية بشكل دائم.

نسخة تجريبية

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عنالسؤالين الآتيين:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

1- حيِّز الحالة.

2- النموذج الانتقالي.

9	12	5	4
2		7	11
3	6	10	13
14	1	8	15

السؤال الثاني: يُمثِّل الشكل المجاور لعبة (لغز) البلاط المُتحرِّك أو القطع المُتحرِّكة، ويظهر في الشكل (15) قطعة مُرقَّمة بالأعداد من (1) إلى (15)، إضافةً إلى بلاطة (قطعة) واحدة فارغة.

تهدف هذه اللعبة إلى ترتيب الأرقام من (1) إلى (15) على نحوٍ متتالٍ.

أُحدِّد كُلًّا ممّا يأتي:

1- الحالات.

2- الحالة الأوَّلية (الابتدائية).

3- الإجراءات.

4- نموذج الانتقال.

5- الحالة الهدف.

6- تكلفة الإجراءات.

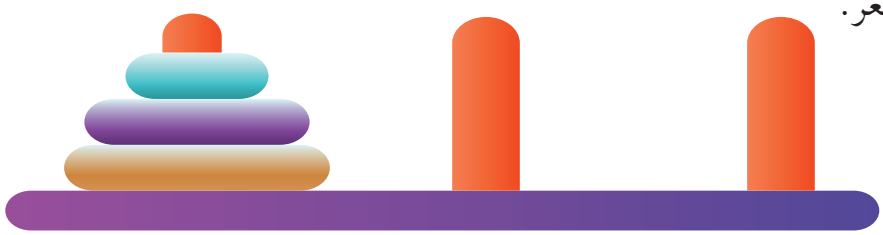
المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أكتب تعريفًا للعميل (الوكيل) (Agent) الذي يؤدّي دورًا رئيسًا في عمليات الذكاء الاصطناعي.

السؤال الثاني: أذكر أمثلة على مشكلات واقعية يتطلَّب حَلُّها شجرة بحث غير تلك التي ورد ذكرها في الدرس، ثمَّ أختار إحدى هذه المشكلات، وأكتب لها شجرة بحث مناسبة.

السؤال الثالث: أبحث عن مشكلات لا يُمكِن بناء حيِّز حالة لها، ثمَّ أُبرِّر إجابتي.

السؤال الرابع: أرسم حيِّز حالة لبرج هانوي (Tower of Hanoi)، علمًا بأنَّه يجب نقل الأقراص الثلاثة من العمود الأوَّل إلى العمود الثالث (عمود واحد في كل مَرَّة)، ولا يُمكِن وضع القرص الأكبر فوق القرص الأصغر.



نسخة قيد الإعداد

الدرس الثاني

استراتيجيات البحث في الذكاء الاصطناعي
(Search Strategies in Artificial Intelligence)

الفكرة الرئيسة :

سأتعرَّف في هذا الدرس بعض طرائق البحث العمياء، وكيفية تطبيقها على مسائل مُحدَّدة. كذلك سأتعرَّف بعض أساليب البحث الاجتهادية، وأُطبِّق خوارزمية A* على لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) باستخدام الاقترانات (الدوال) التقييمية، ثمَّ أُقارِن بين نتائج هذه الطرائق المختلفة.

المفاهيم والمصطلحات :

طرائق البحث العمياء (Blind Search)، البحث غير المستنير (Uninformed Search)، البحث المستنير (Informed Search)، البحث الاستدلالي (Heuristic Search)، البحث في العمق أوَّلًا (Depth–First search)، البحث في العرض أوَّلًا (Breadth –First Search)، القبول (Admissibility)، الاتساق (Consistency)، البحث الجشع (Greedy Best–First Search: GBFS)، البحث بالأفضلية الشامل (A* Search)، البحث التكراري بالأفضلية (Iterative Deepening A: IDA).

نسخة قيد الإعداد

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُوضِّح بعض طرائق البحث العمياء.
- أُطبِّق بعض طرائق البحث العمياء على لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle)، ثمَّ أُقارِن بينها.
- أُبيِّن طرائق البحث الاستدلالية.

تعرَّفْتُ في الدرس السابق كيفية بناء حيِّز حالة لمسألة مُعيَّنة، والفرق بين المسائل التي يُمكِن بناء حيِّز حالة لها وتلك التي لا يُمكِن بناء حيِّز حالة لها؛ فبناء حيِّز الحالة يتطلَّب أنْ يكون الهدف المنشود مُحدَّدًا وواضحًا، وأنْ تُعرَّف الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) والإجراءات المُرتبِطة بها تعريفًا دقيقًا، وأنْ يكون عدد الحلول محدودًا أو يُمكِن التعامل معه حسابيًّا. أمّا المسائل الغامضة التي تفتقر إلى وجود أهداف واضحة أو خطوات مُحدَّدة للحَلِّ، فلا يُمكِن بناء حيِّز حالة لها. سأتعرَّف في هذا الدرس استراتيجيات البحث في حيِّز الحالة باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

نشاط تمهيدي

أدرس الحالة الآتية، ثمَّ أُجيب عن السؤالين التاليين:

"لدى زياد ذئب وماعز وكيس ذُرَة، وهو يريد أنْ يَعْبر بها من ضفة النهر إلى الضفة الأُخرى باستخدام قارب، لكنَّ القارب صغير، ولا يُمكِن لزياد أنْ يحمل معه إلّا شيئًا واحدًا في كل مَرَّة يستخدم فيها القارب، ولا يُمكِنه أيضًا ترك الماعز مع الذئب، ولا ترك الماعز مع كيس الذُّرَة. وفي جميع الأحوال، فإنَّه يتعيَّن عليه نقل الجميع إلى الضفة الأُخرى".

1- أرسم حيِّز الحالة لهذ المسألة، علمًا بأنَّ كل حالة يجب أنْ تحتوي على ضفة يسرى وضفة يمنى ومَوْضع زياد والذئب والماعز وكيس الذُّرَة.

2- أُحدِّد الحركات المُحتمَلة (المُمكِنة) كما يأتي:

أ- انتقال زياد من ضفة النهر إلى الضفة الأُخرى وحده.

ب- الحالة الأوَّلية (الابتدائية): زياد والذئب والماعز وكيس الذُّرَة على الضفة اليسرى.

ج- الحالة النهائية: زياد والذئب والماعز وكيس الذُّرَة على الضفة اليمنى.

في مَعْرض البحث عن الحالة الهدف، توجد طريقتان أساسيتان للبحث:

الطريقة الأولى: البحث غير المستنير (Uninformed Search)، في ما يُعرَف بطرائق البحث العمياء (Blind Search).

الطريقة الثانية: البحث المستنير أو البحث الاستدلالي (Informed or Heuristic Search).

سأتعرَّف في هذا الدرس الفرق بين هاتين الطريقتين، وكيف يُمكِن توظيف كلٍّ منهما في حَلِّ المشكلات باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي.

نسخة غير الأعداد

أوَّلًا: طرائق البحث العمياء (Blinded Search Strategies)

تُعرَّف طرائق البحث العمياء بأنَّها استراتيجيات بحث لا تعتمد على معلومات إضافية عن موقع الحَلِّ داخل فضاء البحث، بل تقوم على استكشاف جميع الاحتمالات المُحتمَلة (المُمكِنة) بشكل مُنظَّم حتّى الوصول إلى الحَلِّ المطلوب.

من الأمثلة على هذا النوع من الاستراتيجيات:

- البحث في العمق أوَّلًا (Depth–First Search).
- البحث في العرض أوَّلًا (Breadth–First Search).
- البحث العشوائي (Random Search).
- البحث ذو التكلفة المُوحَّدة (Uniform Cost Search).

سأتعرَّف في هذا الدرس طريقة البحث في العمق أوَّلًا وطريقة البحث في العرض أوَّلًا على نحوٍ مُفصَّل، وأتعلَّم كيف يُمكِن تطبيق كلٍّ من هاتين الطريقتين على مسائل مُتنوِّعة.

1- خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا (Depth–First Search):

تعتمد خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا على بَدْء البحث من جذر شجرة البحث، ثمَّ التعمُّق - ما أمكن- في كل فرع من الفروع قبل الانتقال إلى الفرع الآخر.

آليَّة عمل خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا:

أ. بَدْء بحث الخوارزمية من جذر شجرة البحث.

ب. انتقال الخوارزمية لاستكشاف العُقْدة أقصى اليسار في المستوى الثاني، وتفحُّص إذا كانت هي الحالة الهدف أم لا.

ج. في حال لم تكن هذه العُقْدة هي الحالة الهدف، فإنَّ الخوارزمية تُتابع التعمُّق إلى المستوى الثالث، حيث تستكشف أبناء العُقْدة السابقة بَدْءًا بالعُقْدة الموجودة أقصى اليسار.

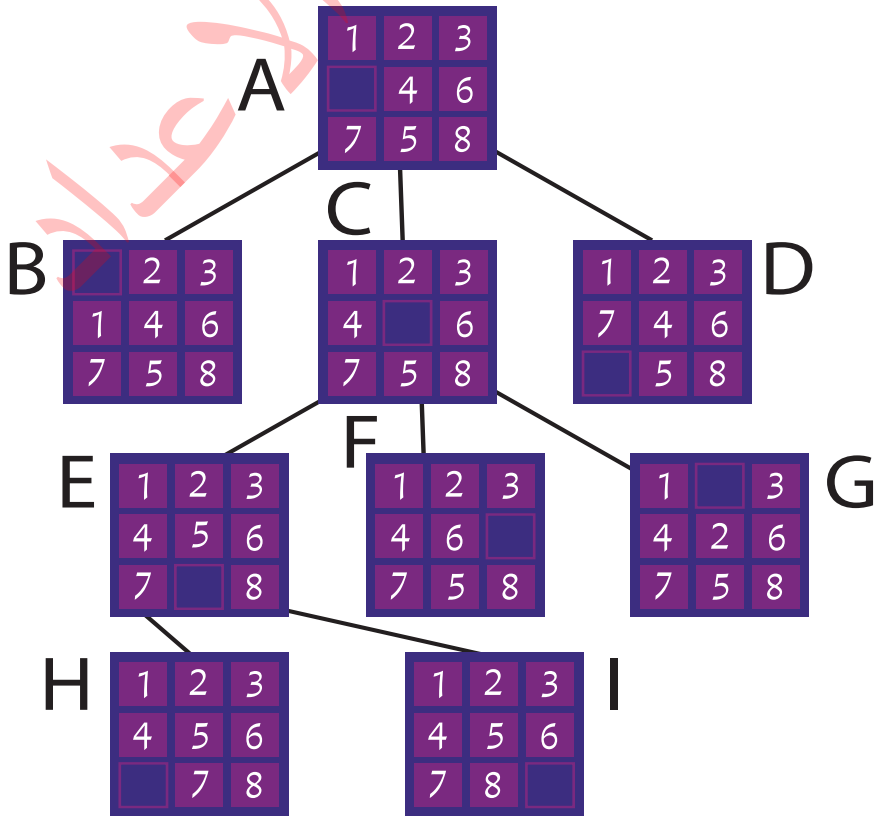
د. استمرار الخوارزمية في التعمُّق داخل الشجرة - قَدْر الإمكان- حتّى تصل إلى الحالة الهدف، فتتوقَّف عندئذٍ.

ه. عند وصول الخوارزمية إلى عُقْدة ميتة (أيْ عُقْدة ليس لها أبناء، ولا تُمثِّل الحالة الهدف)، فإنَّها تعود إلى العُقْدة الأب لهذه العُقْدة الميتة، ثمَّ تنتقل لاستكشاف العُقْدة التالية التي تقع إلى اليمين، والتي لم يتمَّ استكشافها بعدُ.

نسخة قيد الإعداد

لتوضيح آليّة عمـــل خوارزمية البحث في العمق أوّلًا، أنظر الشـــكل (2–1) الذي يُبيِّن الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) للعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle):

- تُسمّى الحالة الابتدائية (A)، وهي نقطة البداية.
- **من الحالة الابتدائية (A)، انبثقت ثلاث حالات، هي:**
  - الحالة (B) التي نتجت من تحريك المُربَّع الذي يحمل الرقم (1) إلى الأسفل.
  - الحالة (C) التي نتجت من تحريك المُربَّع الذي يحمل الرقم (4) إلى اليسار.
  - الحالة (D) التي نتجت من تحريك المُربَّع الذي يحمل الرقم (7) إلى الأعلى.
- **عند الانتقال إلى المستوى الثالث من شـــجرة البحث، يتمُّ التعامل مع الحالة (C)، حيث تنبثق عنها ثلاث حالات جديدة، هي:**
  - الحالة (E) التي نتجت من تحريك الرقم (5) إلى الأعلى.
  - الحالة (F) التي نتجت من تحريك الرقم (6) إلى اليسار.
  - الحالة (G) التي نتجت من تحريك الرقم (2) إلى الأسفل.
- **في المستوى الرابع، يوجد أبناء للعُقْدة (E)، تُمثِّلهم حالتان اثنتان، هما:**
  - الحالة (H) التي نتجت من تحريك الرقم (7) إلى اليمين.
  - الحالة (I) التي نتجت من تحريك الرقم (8) إلى اليسار.



الشكل (2–1): الخيارات المُحتمَلة (المُمكِنة) لتحريك البلاطات (القطع).

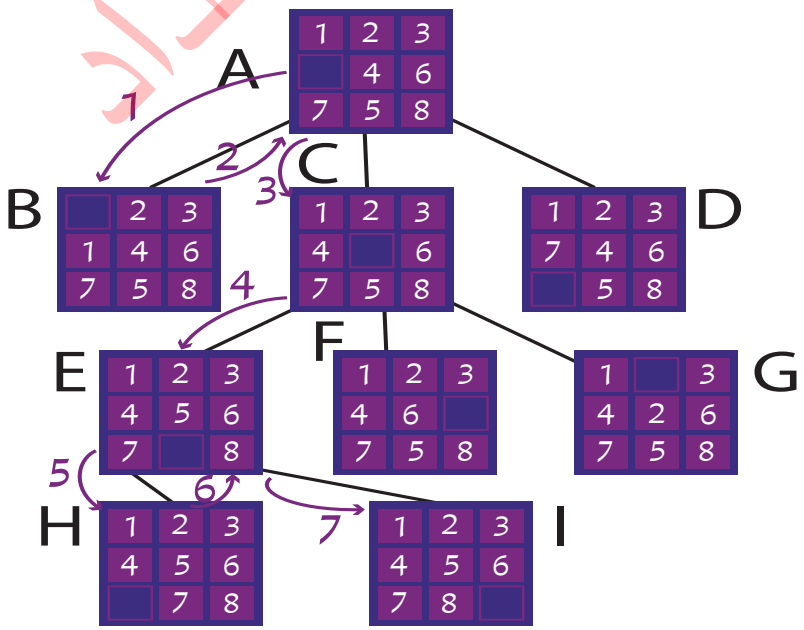
نسخة تجريبية للإعداد

مثال على آليَّة عمل خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا:

اعتمادًا على الشكل (2-2)، وافتراض أنَّ الحالة الهدف التي يُراد الوصول إليها من شجرة البحث السابقة هي الحالة (I)، فإنَّ خطوات البحث ستكون كما يأتي:

1. بَدْء بحث الخوارزمية من العُقْـــدة الابتدائية (الجذر) (A)، ثمَّ مقارنتها بالحالة الهدف. وفي حال تبيَّن أنَّها ليســـت الحالة الهدف، فإنَّه يتمُّ الانتقال إلى العُقْدة التي تقع في أقصى اليسار، وهي العُقْدة (B)، ثمَّ تتمُّ مقارنتها بالحالة الهدف.
2. البحـــث في أبناء العُقْدة (B) إذا كانت عُقْدة ميتة (أيْ ليـــس لها أبناء)، ثمَّ العودة إلى العُقْدة الجذر، وهي النقطة (A).
3. عند الوصول إلى العُقْدة (C) والعُقْدة (D)، يتمُّ البحث في أقصى يسار العُقْدة (C)، ثمَّ تُقارَن بالحالة الهدف.
4. البحث في أبناء العُقْدة (C)، وهم: (E, F, G)، بَدْءًا بأقصى اليسار.
5. استكشاف العُقْدة (E)، ثمَّ مقارنتها بالحالة الهدف.
6. البحث في أبناء العُقْدة (E).
7. استكشاف العُقْدة (H) في أقصى اليسار، ثمَّ مقارنتها بالحالة الهدف.
8. العُقْـــدة (H) عُقْدة ميتة؛ لذا تتمُّ العودة إلى الأب (العُقْدة E) في محاولة لاستكشـــاف بقيَّة الأبناء.
9. استكشاف العُقْدة (I)، فيتبيَّن أنَّها الحالة الهدف، عندئذٍ تتوقَّف عملية البحث.

بعد توقُّف عملية البحث، يُكتَب مسار البحث، بكتابة العُقَد التي تمَّ المرور بها من دون تكرار. وفي هذه الحالة، سيكون مسار البحث هو: A – B – C– E– H– I.



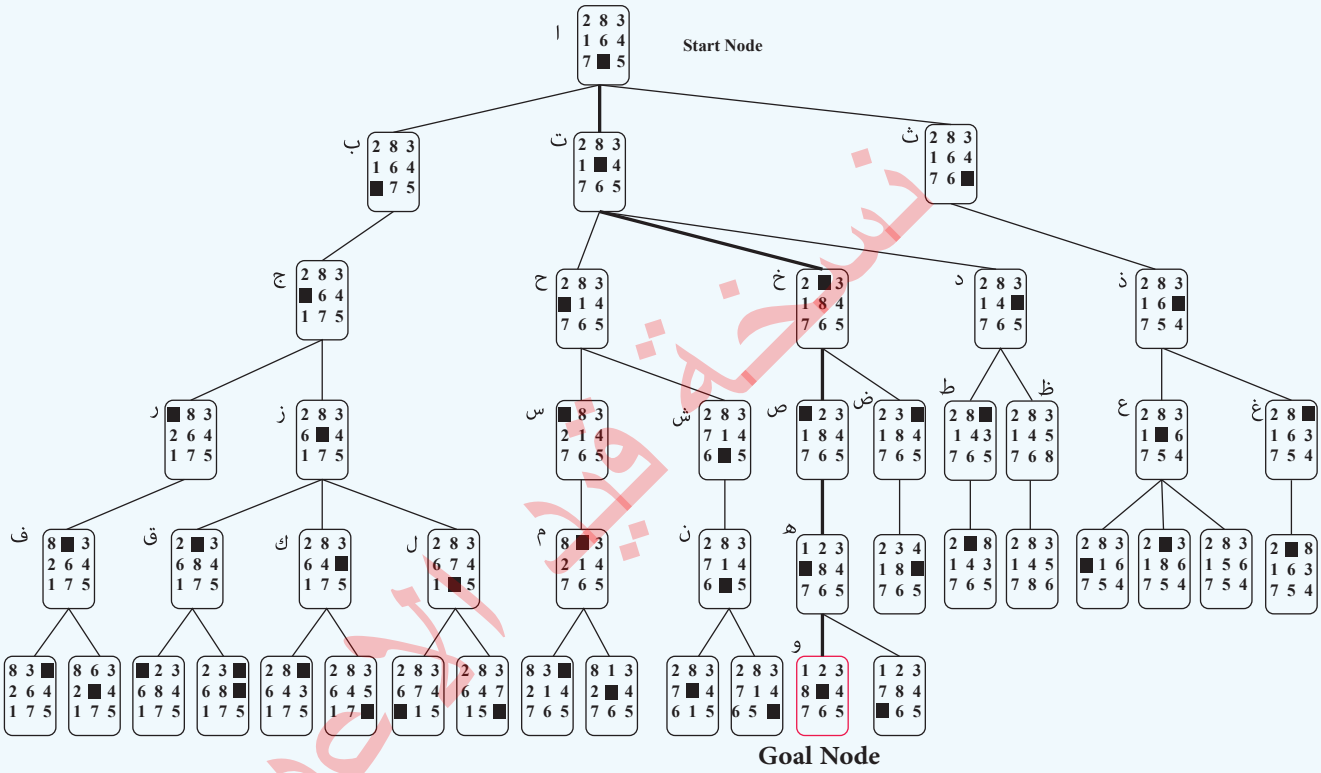
الشكل (2-2): مثال على آليَّة عمل خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا.

نسخة غير للإعداد

وفي حال طُلِب حســـاب تكلفة مســـار الحَلِّ، بافتراض أنَّ تكلفة كل حركة واحدة هي (1)، فإنَّ إجمالي تكلفة هذا الحَلِّ سيكون (7).

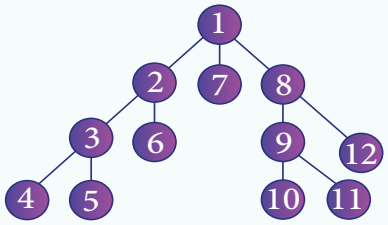
نشاط جماعي

اعتمادًا على الشـــكل (2-3)، أُحدِّد مسار البحث باســـتخدام خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا لإيجاد الحَلِّ المثالي لهذه اللعبة، ثمَّ أحسُب تكلفة الحَلِّ. بعد ذلك أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.



الشكل (2-3): شجرة البحث للعبة البلاطات (القطع) الثمانية.

نشاط فردي



اعتمادًا على الشـــكل المجاور، أستخدم استراتيجية البحث في العمق أوَّلًا لإيجاد مسار البحث عن الحالة الهدف (الرقم 10)، ثمَّ أحسُب تكلفة الحَلِّ (بدلالة عدد الخطوات). بعد ذلك أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نسخة قيد الإعداد

2- خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا (Breadth-First Search):

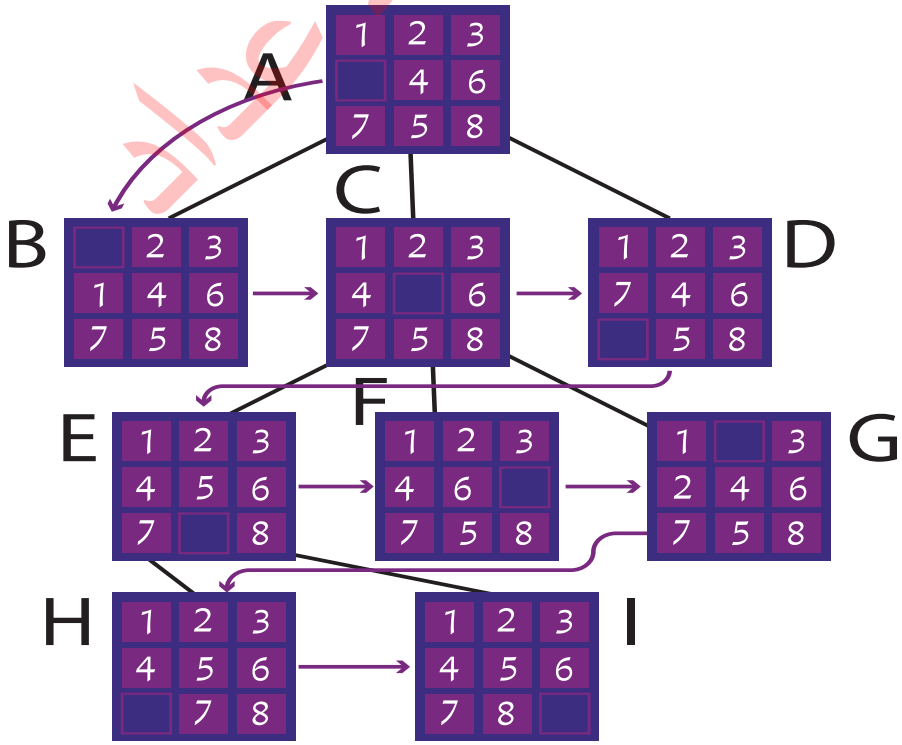
تعتمد خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا على استكشاف جميع العُقَد في كل مستوى من مستويات شجرة البحث، ثمَّ مقارنتها بالحالة الهدف قبل الانتقال إلى المستوى التالي.

استنادًا إلى الشكل (2-1)، يُمكِن تطبيق خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا على النحو الآتي:

1. بَدْء الخوارزمية العمل من الحالة الابتدائية (A)، ثمَّ مقارنة هذه الحالة بالحالة الهدف.
2. في حال لم تكن الحالة الابتدائية هي الحالة الهدف، يتمُّ الانتقال إلى جميع العُقَد في المستوى الثاني من شجرة البحث، بَدْءًا بأقصى اليسار، حيث تُفحَص العُقْدة (B) أوَّلًا، فيتبيَّن أنَّها ليست الحالة الهدف، ليتمَّ الانتقال إلى العُقْدة (C) لتعرُّف إنْ كانت هي الحالة الهدف أم لا، ثمَّ يتمُّ الانتقال إلى العُقْدة (D). وبذلك يكون قد تمَّ الانتهاء من استكشاف جميع عُقَد المستوى الثاني.
3. في حال لم يوجد الحَلُّ في المستوى الثاني، فإنَّ الخوارزمية تنتقل إلى العمل في المستوى الثالث من شجرة البحث، حيث تُستكشَف فيه جميع العُقَد مُرتَّبةً من اليسار إلى اليمين، بَدْءًا بالعُقْدة (E)، ومرورًا بالعُقْدة (F)، وانتهاءً بالعُقْدة (G)، فيتبيَّن أنَّ جميع هذه العُقَد لا تُمثِّل الحالة الهدف.
4. الانتقال إلى المستوى الرابع من شجرة البحث، والبَدْء باستكشاف العُقْدة (H) وصولًا إلى العُقْدة (I) التي يتبيَّن أنَّها تُمثِّل الحالة الهدف، فتتوقَّف عملية البحث. أنظر الشكل (2-4).

إذن، مسار البحث باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا هو:

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I$.



الشكل (2-4): إيجاد الحَلِّ باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا.

نسخة قيد الإعداد

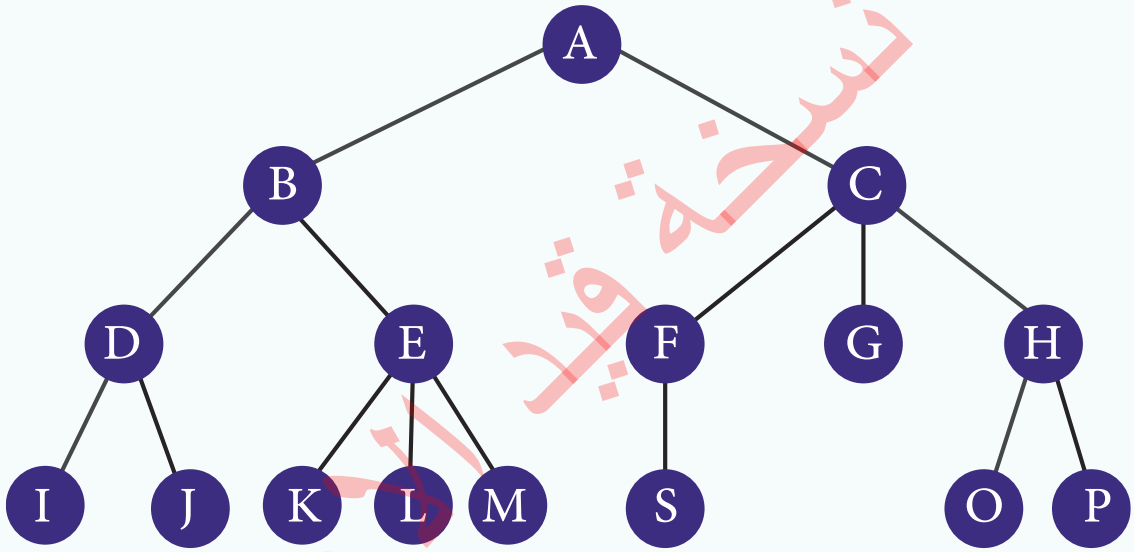
نشاط جماعي

بالعودة إلى الشكل (2-3)، أُحدِّد - بالتعاون مع أفراد مجموعتي- مسار البحث باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا لإيجاد الحَلِّ المثالي لهذه اللعبة. ما تكلفة هذا الحَلِّ؟

بعد ذلك نُشارك النتائج التي نتوصَّل إليها في المجموعة مع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى، ثمَّ نَعْقد مقارنة بينها وبين النتائج التي توصَّلوا إليها في مجموعاتهم، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نشاط فردي

أدرس الشكل الآتي، ثمَّ أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



الحالة الهدف.

نسخة قيد الإعداد

1. أجد مسار البحث عن النقطة الهدف باستخدام خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا.
2. أجد مسار البحث عن النقطة الهدف باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا.
3. أحسُب تكلفة المسارين، ثمَّ أُحدِّد أيُّ المسارين أقصر وأقل تكلفة.
4. أُناقِش أفراد مجموعتي في السؤالين الآتيين:

أ. هل يُمكِن للحالة الابتدائية أنْ تكون غير العُقْدة (A)؟ أُبرِّر إجابتي.

ب. إذا رسمْتُ شجرة البحث من اليمين إلى اليسار، فهل ستختلف مسارات الحَلِّ عن الحالة الهدف؟ أُبرِّر إجابتي.

اثراء

أرسم شجرة البحث للمسألة الآتية:

"روبوت مُتحرِّك يوجد في موقع البداية (A)، وهو يتحرَّك في مواقع مختلفة وَفقًا للقواعد الآتية:

- من الموقع (A) يُمكِنه الذهاب إلى الموقع (B) أو الموقع (C).
- من الموقع (B) يُمكِنه الذهاب إلى الموقع (D) أو الموقع (E).
- من الموقع (C) يُمكِنه الذهاب إلى الموقع (F).
- من الموقع (E) يُمكِنه الذهاب إلى الموقع (G) (الحالة الهدف).
- من الموقع (F) يُمكِنه الذهاب إلى الموقع (G) (الحالة الهدف).

2. أُشارِك الحَلَّ مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

ثانيًا: طرائق البحث المستنيرة (الاستدلالية) (Informed (Heuristic) Search Strategies).

تُعَدُّ طرائق البحث المستنيرة (الاستدلالية) واحدة من تقنيات البحث الذكي التي تُستخدَم فيها معرفة خاصة بالمشكلة تتجاوز تعريف المشكلة نفسها. تُستخدَم في الخوارزميات التي تتبع هذه الطرائق دالَّة تقدير تُسمّى (**Heuristic Function**)، وتهدف إلى توجيه عملية البحث بسرعة وفعّالية نحو الحلول المُحتمَلة (المُمكِنة)، في ما يُعرَف بالبحث الأفضل أوَّلًا. تُستخدَم هذه الخوارزميات في حال كانت المشكلة مُعقَّدة، أو كان حيِّز العمل كبير الحجم.

يُستخدَم في معظم هذه الخوارزميات دالَّة يُرمَز إليها بالرمز h (n)، حيث:

h (n): التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار من الحالة (n) إلى الحالة المُستهدَفة. وفي حال كانت العُقْدة (n) هي الحالة الهدف، فإنَّ: $h(n) = 0$

استخدامات خوارزميات البحث المستنير (الاستدلالي):

يُستخدَم هذا النوع من خوارزميات البحث في ما يأتي:

1. **الذكاء الاصطناعي**: تُستخدَم خوارزميات البحث المستنير (الاستدلالي) في الروبوتات والألعاب.
2. **تحليل البيانات**: تُستخدَم خوارزميات البحث المستنير (الاستدلالي) عند الحاجة إلى تحليل البيانات لاستخراج الأنماط.
3. **البحث في الرسوم البيانية (Graphs)**.

نسخة غير قابلة للاعداد

أنواع البحث (بالأفضلية) (Heuristic Search Techniques) :

يوجد العديد من خوارزميات البحث بالأفضلية، ولكلٍّ منها مزايا وعيوب، وهذه أبرزها:

1. **خوارزمية البحث الجشع (Greedy Best-First Search: GBFS):**

تختـــار هذه الخوارزمية في كل خطوة العُقْدة ذات أقل قيمة لدالَّة التقدير (Heuristic Function) من دون اعتبار للطريق الكلي.

مثال:

إذا أراد وليد الانتقال من مدينة عمّان إلى مدينة العقبة، مرورًا ببعض المدن الأردنية للاستراحة، فإنَّه سيختار في كل مَرَّة أقرب مدينة إلى المدينة التي يوجد فيها، وهكذا حتّى يصل إلى مدينة العقبة.

أناقش

أُناقِش أفراد مجموعتي في السؤال الآتي:

- هل تُفْضي خوارزمية البحث الجشع إلى المسار الأفضل دائمًا؟

نُدوِّن الإجابة التي نتوصَّل إليها في المجموعة، ثمَّ نُناقِشها مع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى للتوصُّل إلى إجابة صحيحة مُوحَّدة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

2. **خوارزمية البحث بالشبكة العصبية (Neural Network-Based Heuristic Search):**

تســـتخدم هذه الخوارزمية الشـــبكات العصبية (Neural Networks) لتحديد أفضل الحركات أو القرارات؛ إذ يتمُّ تدريب الشبكة على مجموعات ضخمة من البيانات للتنبُّؤ بأفضل دالَّة تقدير. يمتاز هذا النوع من خوارزميات البحث بالقدرة على حَلِّ مشـــكلات مُعقَّدة بدِقَّة عالية، بحيث تتحسَّن فعّاليتها بمرور الوقت في ظلِّ زيادة التدريب والبيانات. تُستخدَم خوارزمية البحث بالشبكة العصبية في ألعاب الذكاء الاصطناعي، وأنظمة التوصية، والتحليل التنبُّؤي.

3. **خوارزمية البحث باستخدام المســـتعمرات النملية (Ant Colony Optimization: ACO):**

تعتمد هذه الخوارزمية في عملها على محاكاة ســـلوك النمل في مستعمرات النمل عند بحثه عـــن الطعام؛ إذ يترك النمل الباحث عن الطعام أثرًا كيميائيًّا (فيرمونات) يدلُّ بقيَّة النمل على أفضل المسارات التي يُمكِن اتِّباعها للوصول إلى الغذاء. يُستخدَم هذا النوع من خوارزميات البحث عند الحاجة إلى إيجاد مسارات قصيرة ومُتعدِّدة كما في شبكات النقل والمواصلات.

نسخة قيد الإعداد

4. **خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)**: يجمع هذا النوع من البحث بين البحث الجشع والبحث باستخدام تكلفة الطريق الفعلية (Actual Cost)؛ للتقليل من إجمالي تكلفة الحَلِّ المُقدَّرة. ومن ثَمَّ تُعَدُّ هذه الخوارزمية واحدة من أكثر الخوارزميات استخدامًا وكفاءةً في إيجاد الحلول المُثلى. يُستخدَم هذا النوع من خوارزميات البحث في أنظمة المِلاحة (GPS)، وألعاب حَلِّ الألغاز، وأنظمة الجدولة (مثل جدولة المواعيد الطبية)، وإدارة الرحلات الجوية، والبحث في البيانات الضخمة.

5. **خوارزمية البحث التكراري بالأفضلية (Iterative Deepening A*: IDA)**: يُعَدُّ هذا النوع من خوارزميات البحث نسخة مُحسَّنة من خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)؛ إذ تعمل خوارزمية البحث التكراري بالأفضلية على تحديد حَدٍّ مُعيَّن للبحث يتغيَّر تدريجيًّا؛ ما يؤدّي إلى استهلاك ذاكرة أقل مقارنةً بخوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) الأصلية.

نشاط فردي

أستعين بالمواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت للمقارنة بين خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) وخوارزمية البحث التكراري بالأفضلية (Iterative Deepening A*: IDA) من حيث آليَّة العمل، والتكلفة، والاستخدامات، ثمَّ أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

المواطنة الرقمية:

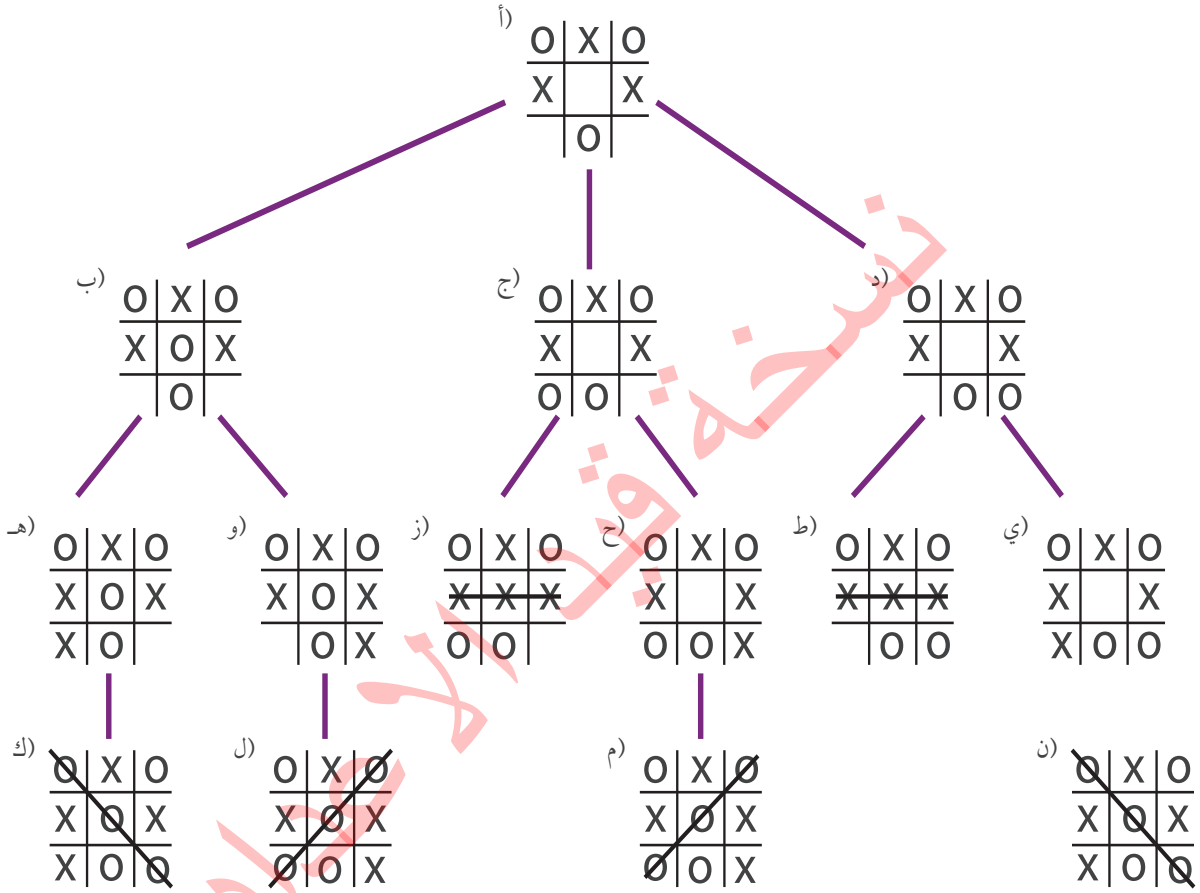
- **المسؤولية الرقمية**: ألجأ دائمًا إلى الحلول التي تعمل على تقليل استهلاك الذاكرة، وتستغرق وقتًا أقل في التنفيذ. كذلك أبني خوارزمية خاصة أُنظِّم بها وقتي، وأستخدمها في تخطيط حياتي جيِّدًا للوصول إلى أهدافي، وأبتعد عن هدر الوقت.
- **الإبداع الرقمي**: أستخدم الأفكار الإبداعية في تمثيل المسائل الحياتية، واختيار خوارزميات البحث المناسبة لكلٍّ منها.

نسخة قيد الإعداد

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: يُمثِّل الشكل التالي شجرة البحث للعبة (X–O). أجد مسار الحَلِّ باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا، علمًا بأنَّ فوز أحد اللاعبيْنِ يعني انتهاء اللعبة.



نسخة قيد الاعتماد

السؤال الثاني: أُحدِّد الحالات التي تُستخدَم فيها خوارزميات البحث المستنير (الاستدلالي).

السؤال الثالث: أدرس الحالات الآتية، ثمَّ أُحدِّد طريقة البحث الفُضلى للوصول إلى الحَلِّ:

1. "روبوت يحاول الخروج من متاهة بسيطة، والمسارات كلها متساوية في الطول، والهدف قريب من نقطة البداية".
2. "لعبة تتطلَّب الوصول إلى نتيجة مُعيَّنة، لكنَّها بحاجة إلى خطوات كثيرة جدًّا، والمسارات الطويلة كثيرة".
3. "لاعب يبحث عن أقصر مسار لحَلِّ لغز يتطلَّب التحرُّك بين حالات عديدة بتكاليف مختلفة (بعض التحرُّكات أصعب من غيرها)".

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن الأسئلة الآتية:

السـؤال الأوَّل: يقال: "إنَّ الخوارزميات التي تنسى تاريخها محكوم عليها بتكرار هذا التاريخ". أُوضِّح المقصود بهذا القول، ثمَّ أُبيِّن كيف يُمكِن تجنُّب ذلك.

.....

.....

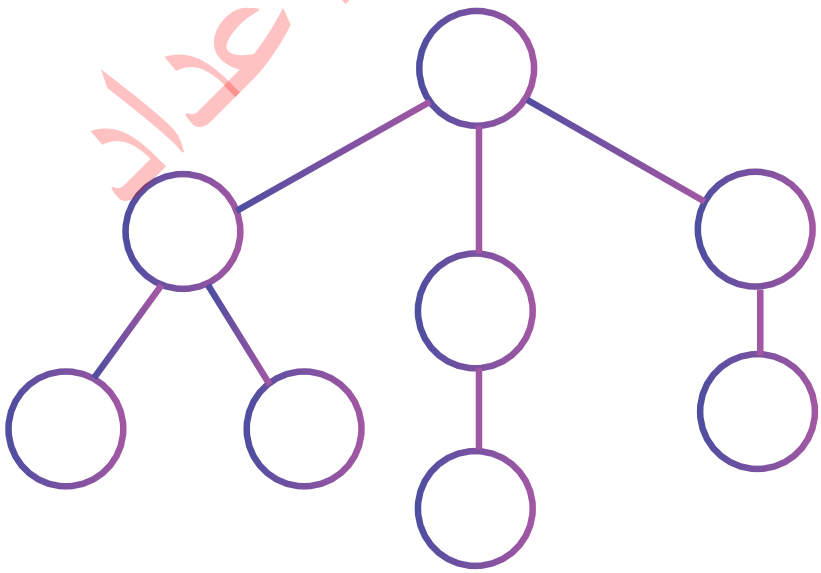
السؤال الثاني: بناءً على شجرة البحث للعبة (X–O) في السؤال الأوَّل من أسئلة المعرفة، ما الخوارزمية التي يُمكِن بها إيجاد الحَلِّ الأمثل بأقل تكلفة؟ أُبرِّر إجابتي.

.....

.....

السؤال الثالث: أرسم شجرة البحث في الشكل الآتي، علمًا بأنَّ النقطة الهدف هي (Z)، ومسار البحث عن هذه النقطة باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا هو:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow X \rightarrow Y \rightarrow K \rightarrow W \rightarrow Z$$



نسخة قيد الاعداد

الدرس الثالث

الاقتران الاستدلالي (Heuristic Function)

الفكرة الرئيسة:

سأتعرَّف في هذا الدرس مفهوم الاقتران الاستدلالي، وكيف يُمكِن بناء اقترانات تقييمية للألعاب، ثمَّ سأُطبِّق خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) على لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8-Puzzle).

المفاهيم والمصطلحات:

الاقتران الاستدلالي (Heuristic Function)، مشكلات العثور على المسار بوكيل واحد (Single-Agent Path-Finding Problems)، الألعاب التي يمارسها لاعبان اثنان (Two-Player games)، مشكلات إرضاء القيود (Constraint-Satisfaction Problem).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُعرِّف الاقتران الاستدلالي.
- أبني اقترانًا تقييميًّا للألعاب.
- أُطبِّق خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) على لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8-Puzzle) باستخدام الاقترانات التقييمية، وأُقارِن بينها.

نسخة قيد الاعداد

تعلَّمْتُ في الدرسين السابقين كيف يُمكِن بناء حيِّز الحالة، واستخدمْتُ خوارزميتي البحث في العمق أوَّلًا والبحث في العرض أوَّلًا للبحث عن مسارات الحَلِّ. والآن سأتعرَّف الاقتران الاستدلالي، فما استخداماته؟ وكيف يُمكِن استخدام خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) في لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle)؟

نشاط تمهيدي

أستخدم الرابط الإلكتروني: https://playticktactoe.org، أو أمسح الرمز السريع الاستجابة المجاور للدخول إلى موقع لعبة (XO)، ثمَّ أتحدّى جهاز الحاسوب في هذه اللعبة.

اقتران البحث الاستدلالي:

أفرزت بحوث لعب الألعاب عددًا من الأفكار عن كيفية تحقيق أفضل استثمار للوقت، وكان من بين هذه الأفكار اقترانات التقييم الاستدلالي؛ إذ تُقدِّم اقترانات التقييم الاستدلالي حلولًا أكثر كفاءة وسرعة في عملية البحث الخاصة بحالة ما من دون إجراء بحث كامل. يُقصَد بالاستدلال تقديم النصيحة، وهي نصيحة تكون غالبًا فعّالة، في ما يُعَدُّ اقتران التقييم الاستدلالي أشبه بتحويل الحالة في المشكلة إلى رقم. وهذه الأرقام ستُستخدَم – في ما بعدُ– لتوجيه البحث عن الهدف باختيار المسارات التي تؤدّي إلى إيجاد فرصة أكبر للنجاح. وفي حال كانت شجرة البحث كبيرة جدًّا، فإنَّه من المُمكِن اللجوء إلى أساليب عِدَّة لتقليم شجرة البحث؛ أيْ تجاهل بعض الأجزاء التي لن تُحدِث فرقًا في الاختيار النهائي.

تُقسَّم المشكلات التي تحتاج إلى هذا النوع من البحث إلى ثلاثة أنواع، هي:

1- المشكلات التي تتعلَّق بإيجاد مسار بوساطة عميل (وكيل) واحد (أيْ لاعب واحد). وفيها يكون الهدف هو الوصول من الحالة الأوَّلية (الابتدائية) إلى الحالة الهدف باستخدام أقصر مسار.

2- المشكلات التي يكون فيها طرفان مُتنافِسان، يحاول كلٌّ منهما الفوز على الآخر.

3- مشكلات إرضاء القيود التي تكون فيها المهمة هي إيجاد حالة تفي بمجموعة من القيود.

أناقش

أُناقِش أفراد مجموعتي في السؤال الآتي:

نُصِح لاعب شطرنج أنْ يستولي على جميع قطع الخصم لإحراز الظَّفَر والفوز. هل هذه النصيحة فعّالة؟

1. بعد ذلك نُدوِّن الإجابة التي نتوصَّل إليها في المجموعة، ثمَّ نُناقِشها مع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى للتوصُّل إلى إجابة صحيحة مُوحَّدة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة قيد الاعداد

يشير البحث الاستدلالي في الذكاء الاصطناعي إلى استراتيجيات بحث وتعلُّم تهدف إلى تحسين عملية البحث عن حلول للوصول إلى الحالة الهدف، وذلك باستخدام معلومات إضافية أو اقترانات استدلالية تعمل على توجيه البحث بطريقة أكثر ذكاءً وكفاءةً؛ إذ تعتمد على تقدير ذكي لتحديد المسارات التي تبدو أكثر نجاحًا في الوصول إلى الحالة الهدف خلال أقل وقت مُمكِن.

المثال (1):

في لعبة الشطرنج، إذا كان خصم اللاعب هو جهاز الحاسوب، فإنَّ البرنامج يستخدم الاقتران الاستدلالي لتقييم أوضاع القطع المختلفة على اللوحة، ويُرجِع تقديرًا رقميًّا يُحدِّد مَنْ هو الأقرب إلى الفوز؛ إذ يَحسُب البرنامج إجمالي قيمة القطع التي يمتلكها جهاز الحاسوب، ثمَّ يطرح منها إجمالي قيمة قطع اللاعب الخصم، ويأخذ الأهمية النسبية لكل نوع من القطع بالاعتبار.

فمثلًا، قيمة الوزير أعلى بكثير من قيمة الجندي. بناءً على هذا التقييم، فإنَّ جهاز الحاسوب يُحدِّد أفضل الخطوات والحركات التي تزيد من قوَّة موقعه النسبي على اللوحة؛ ما يُعزِّز فرصه في الفوز على اللاعب الخصم.

المثال (2):

أفترض وجود روبوت في شبكة مُربَّعات (Grid) تُمثِّل متاهة، وأنَّ الروبوت يبحث عن أقصر طريق إلى الهدف داخل المتاهة. أفترض أيضًا أنَّ كل مُربَّع قد يكون طريقًا مفتوحًا أو عقبةً لا يُمكِن المرور منها، وأنَّه يُمكِن للروبوت – في كل حركة– الانتقال إلى أحد المُربَّعات الأربعة المجاورة (أعلى، أسفل، يسار، يمين).

إذا أراد الروبوت الوصول إلى الهدف من دون استخدام اقتران استدلالي، فيجب عليه البحث في جميع الاتجاهات من دون تمييز، ثمَّ توسيع كل عُقْدة بالتتابع إلى حين بلوغ الهدف. وهذا يستغرق وقتًا طويلًا، ويستهلك ذاكرة كبيرة، لا سيَّما في الشبكات الكبيرة. ولكنْ، إذا تقرَّر استخدام الاقتران الاستدلالي، فإنَّ الروبوت سيعمل على توجيه بحثه نحو أقرب العُقَد إلى الهدف، ويتجنَّب العُقَد غير المفيدة، ويصل إلى الهدف بأقل عدد من التوسُّعات؛ ما يُوفِّر الوقت والذاكرة، ويساعد على الوصول إلى الحَلِّ الأمثل.

نسخة قيد الإعداد

اقترانات التقييم في البحث الاستدلالي:

في ما يأتي عرض لأمثلة على اقترانات التقييم (Evaluation Functions) في ثلاثة سياقات مختلفة -على الأقل- ضمن مجالات الذكاء الاصطناعي:

أوَّلًا: مشكلات العثور على المسار بوكيل واحد (Single-Agent Path-Finding Problems).

من الأمثلة الكلاسيكية على هذا النوع من المشكلات، لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8-Puzzle)؛ ففيها تتمثَّل المهمة في إعادة ترتيب الأرقام على البلاطات (القطع) بشكل مُتسلسِل باستخدام أقل عدد مُمكِن من الحركات. ومن الخوارزميات القويَّة لهذا النوع من المشكلات، خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)؛ إذ يُمكِن بهذه الخوارزمية تقليل إجمالي تكلفة الحَلِّ المُقدَّرة عن طريق الجمع بين تكلفة المسار الفعلية والتكلفة المُقدَّرة للوصول إلى الهدف.

دالَّة التقييم المُستخدَمة في خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search):

$$f(n) = h(n) + g(n)$$

حيث:

g(n): تكلفة المسار من النقطة الأوَّلية (الابتدائية) (أي الجذر) إلى العُقْدة (n).

h(n): التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار من العُقْدة (n) إلى العُقْدة الهدف.

f(n): التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار، مرورًا بالعُقْدة (n).

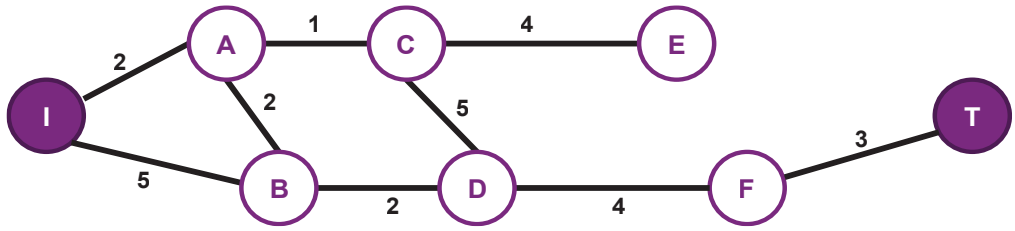
لتطبيق الخوارزمية بالطريقة المُثلى، يجب توافر الشرطين الآتيين:

1. **القبول (Admissibility)**: يُقصَد بذلك أنَّ المسار المقبول هو المسار الذي يبتعد عن المبالغة في تقدير تكلفة الوصول إلى الهدف. يُنظَر إلى هذه الطريقة بصورة مُتفائِلة (Optimistic)؛ لأنَّها تفترض أنَّ تكلفة الحَلِّ أقل ممّا هي عليه فعليًّا، ومن ثَمَّ تحاول دائمًا إيجاد المسار الأقل تكلفة. فمثلًا، عند البحث عن المسار بين نقطتين، فإنَّها تختار الخطَّ المستقيم؛ لأنَّه المسار الأقصر بين أيِّ نقطتين.
2. **الاتِّساق (Consistency)**: يُعرَف أيضًا بشرط الاطِّراد (Monotonicity)، ويُعَدُّ أقوى من شرط القبول، وهو مُعتمَد عند استخدام هذه الخوارزمية في البحث عن الرسوم البيانية. ومن ثَمَّ، فإنَّ القاعدة الاستدلالية h(n) تُعَدُّ متسقة إذا كانت التكلفة المُقدَّرة للوصول إلى الهدف من العُقْدة (n)، مرورًا بالعُقْدة الابن (n_i) التي تنشأ عن الإجراء (a)، لا تزيد على التكلفة المُقدَّرة للوصول إلى الهدف من العُقْدة (n).

نسخة قيد الإعداد

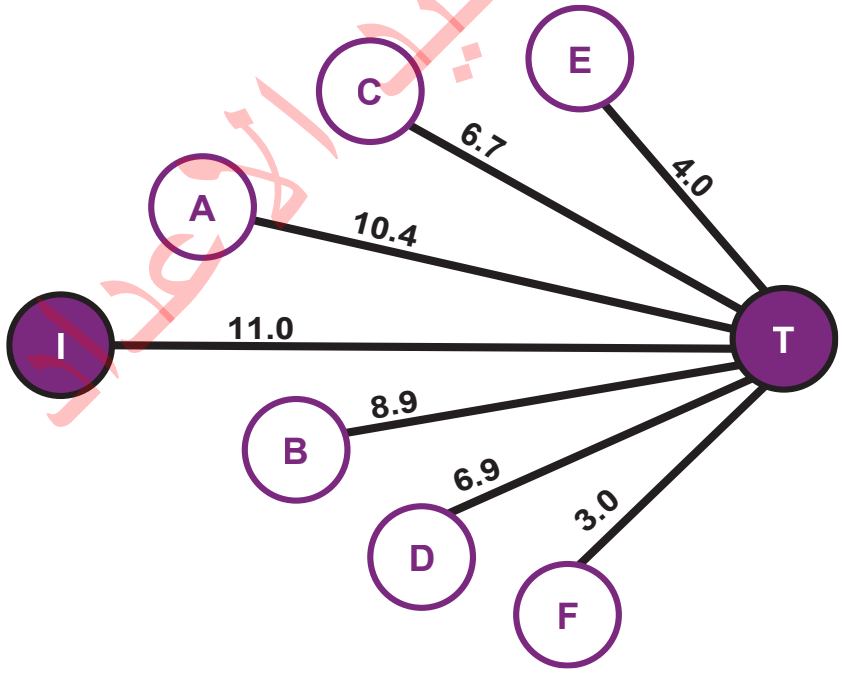
المثال (1):

تحاول ندى الانتقال من المدينة (I) إلى المدينة (T) باستخدام أفضل مسار، علمًا بأنَّ الشكل (3–1) يُبيِّن المسارات من المدينة (I) إلى المدينة (T)، وتكلفة الانتقال بين المدن. ما أفضل مسار يُمكِن لندى أنْ تسلكه باستخدام خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)؟



الشكل (3–1): المسارات بين المدن وتكلفة الانتقال g(n).

لإيجاد أفضل مسار يُمكِن لندى أنْ تسلكه باستخدام خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)، أستخدم التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار من أيٍّ من المدن إلى المدينة الهدف (T)، الذي يُطلَق عليه اسم h(n)، ويُمكِن حساب تكلفته بناءً على الخطِّ المستقيم بين المدينة الهدف والمدن الأُخرى. أنظر الشكل (3–2).



الشكل (3–2): التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار من أيِّ مدينة إلى المدينة الهدف.

لحساب تكلفة أفضل مسار، أستخدم الاقتران الآتي وشجرة البحث:

$$f(n) = h(n) + g(n)$$

خطوات الحَلِّ:

1. **بَدْء الحَلِّ من المدينة الأوَّلية (الابتدائية)، وهي (I). ومن المُلاحَظ أنَّه يُمكِن الانتقال من هذه المدينة إلى مدينتين أُخريين، هما:**

أ. **المدينة** (A): تبلغ تكلفة الوصول إليهـــا (2)، في حين تبلغ التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار بين المدينة (A) والمدينة الهدف (T) نحو (10.4).

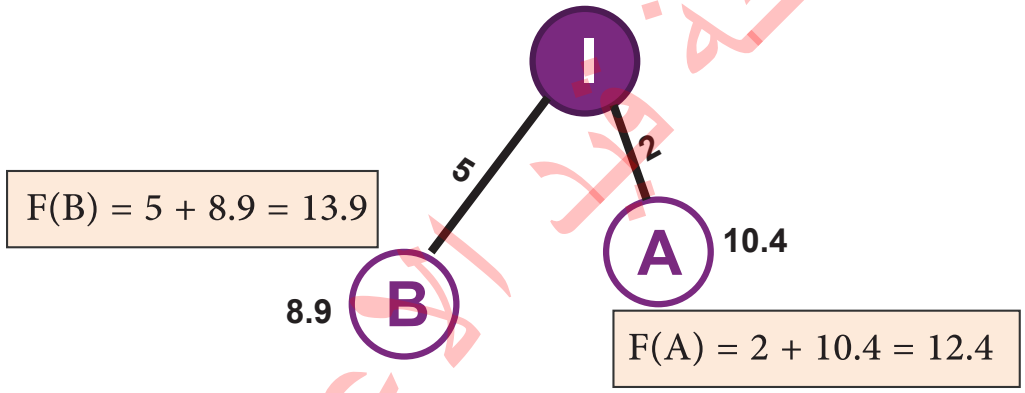
بتطبيق القانون، فإنَّ:

$$f(A) = 2+10.4 = 12.4$$

ب. **المدينة** (B): تبلغ تكلفة الانتقال إليها (5)، فـــي حين تبلغ التكلفة المُقدَّرة لأرخص مسار بين المدينة (T) والمدينة (B) نحو (8.9). أنظر الشكل (3–3).

بتطبيق القانون، فإنَّ:

$$f(B) = 5 + 8.9 = 13.9$$



الشكل (3–3): **f(n)** للمدينة **(A)** والمدينة **(B)**.

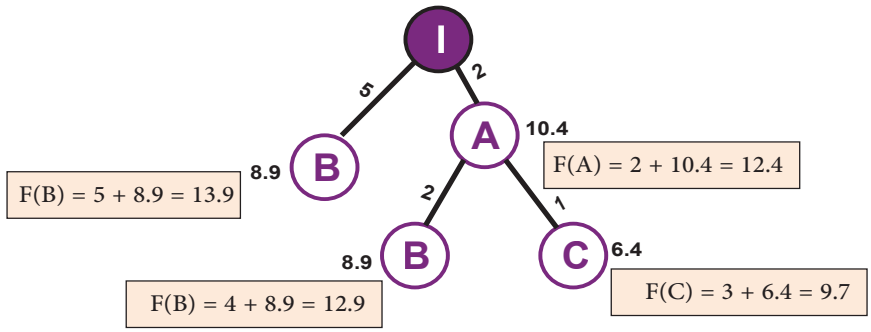
2. المقارنة بين القيمتين، ليتبيَّن أنَّ تكلفة الانتقال إلى المدينة (T)، مرورًا بالمدينة (A)، هي أقل، فيتمُّ اختيارها.
3. دراســـة تفرُّعات المدينة (A)؛ إذ توجد (3) تفرُّعات لهذه المدينـــة؛ أوَّلها للمدينة الأوَّلية (الابتدائية)، ولا يوجد داعٍ لدراســـته مَرَّة أُخرى؛ فقد ســـبقت دراسته في الخطوة الأولى، وثانيها للمدينة (B)، وثالثها للمدينة (C). يلي ذلك حســـاب f(n) لكلٍّ منهما، فيظهر الناتج الآتي كما هو مُبيَّن في الشكل (3–4):

$$f(C)= (1+2) + 6.7 = 9.7$$

$$f(B) = (2+2) + 8.9 = 12.9$$

نسخة قيد الإعداد

لحســـاب تكلفة الوصول إلى العُقْدة الحالية من نقطة البداية g(n)، يجب جمع تكلفة المسار من المدينة (I) إلى المدينة (A)، ثمَّ جمع تكلفة الوصول من المدينة (A) إلى المدينة التي ستنتقل ندى إليها.



الشكل (3–4): تكلفة الحَلِّ مرورًا بالنقطة (B) والنقطة (C).

4. المقارنة بين قِيَم f(n) التي تمَّ التوصُّل إليها، وهي: 4 ,12، 9 ,13، 7 ,9، وملاحظة أنَّ أصغر قيمة من بينها هي 7 ,9؛ أيْ مرورًا بالمدينة (C)؛ لذا يتمُّ إكمال الحَلِّ من هذه المدينة.

5. ملاحظة أنَّ المدينة (C) لها (3) تفرُّعات؛ أوَّلها للمدينة (A)، وقد تمَّت دراســـته في الخطوة السابقة، وثانيها للمدينة (E)، وثالثها للمدينة (D). يلي ذلك حساب f(n) لكلٍّ منهما، فيظهر الناتج الآتي كما هو مُبيَّن في الشكل (3–5):

$$g(E) = 7 = 4 + 1 + 2$$

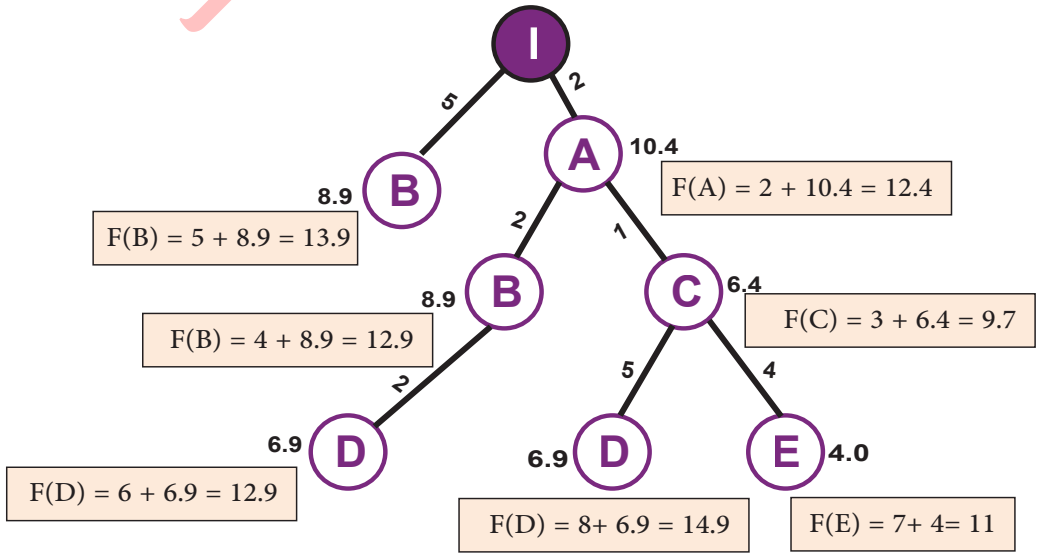
$$f(E) = g(E) + h(E)$$

$$= 11 = 7 + 4$$

$$g(D) = 8 = 5 + 1+2$$

$$f(D) = g(D) + h(D)$$

$$= 14.9 = 8 + 6.9$$



الشكل (3–5): f(n) لتفرُّعات المدينة (C).

نسخة قيد الإعداد

6. المقارنـــة بين قِيَم f(n) التي تمَّ التوصُّل إليها، وهي: 13.9، 12.9، 11، 14.9، وملاحظة أنَّ أصغـــر قيمة لـ f(n) من بينها هي (11)؛ أيْ مرورًا بالمدينة (E)؛ لذا يتمُّ إكمال الحَلِّ من هذه المدينة.

7. ملاحظـــة أنَّ المدينة (E) متصلة فقط بالمدينة (C) – تمَّت زيارتها آنفًا–، وأنَّ العُقْدة (E) هي عُقْدة ميتة لا يوجد لها أبناء. ومن ثَمَّ، فلا توجد مدينة أُخرى يُمكِن الانطلاق إليها من المدينة (E).

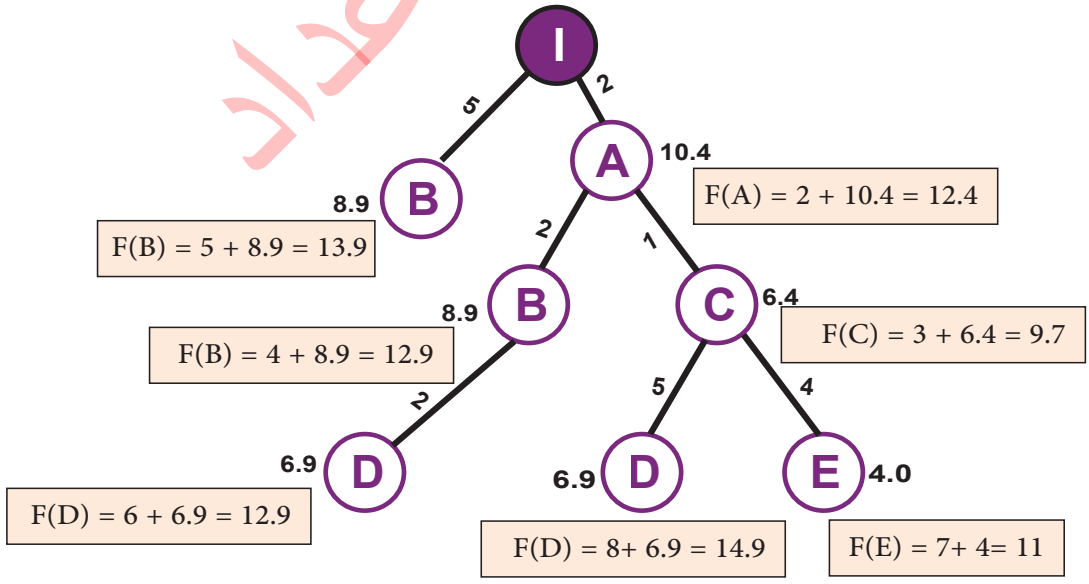
8. إعادة المقارنة بين قِيَم f(n) لإيجاد أصغر قيمة لها. وهذه القِيَم هي: 13.9، 12.9، 11، 14.9، فيتبيَّن أنَّ أصغر قيمة لـ f(n) من بينها هي 12.9. وبالنظر إلى الشكل (3–5)، فإنَّ هذه القيمة هي للمدينة (B)، مرورًا بالمدينة (A)، فيتمُّ إكمال الحَلِّ من هذه المدينة.

9. بالنظر إلى الشـــكل (3–1)، يُلاحَظ أنَّ للمدينة (B) طريقًا واصلًا إلى المدينة (A) – تمَّت دراسته مُسبَقًا–، وطريقًا واصلًا إلى المدينة (I) – تمَّت دراسته مُسبَقًا–، وطريقًا واصلًا إلى المدينة (D) سيتمُّ العمل على دراسته كما هو مُبيَّن في الشكل (3–6):

$$g(B) = 6 = 2 + 2 + 2$$

$$f(E) = g(E) + h(E)$$

$$= 12.9 = 6 + 6.9$$



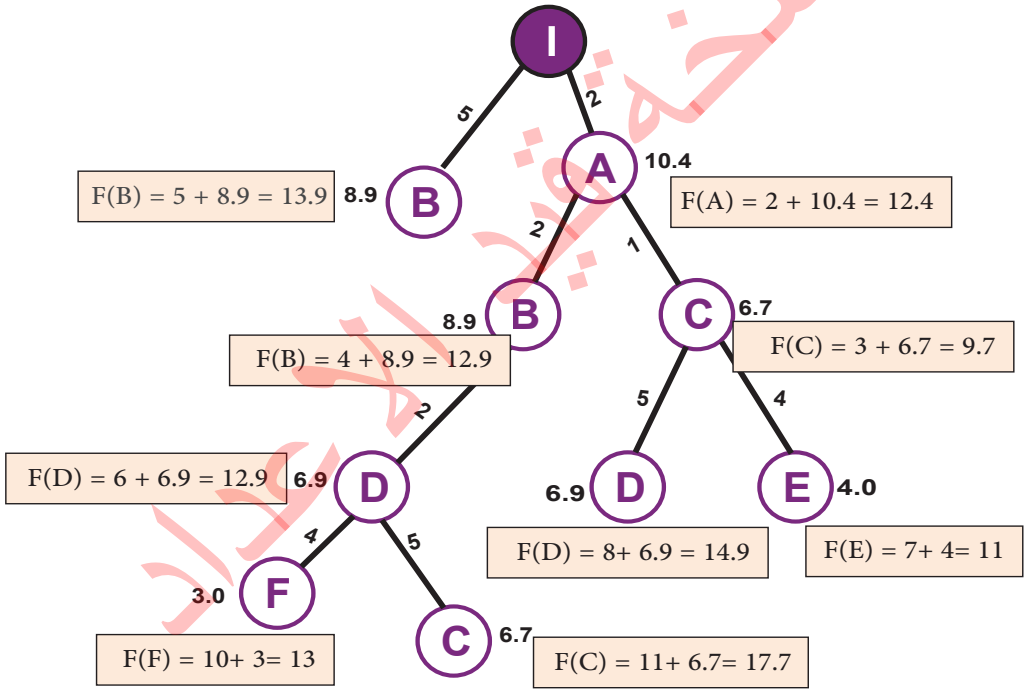
الشكل (3–6): **f(n)** لتفرُّعات المدينة **(B)**، مرورًا بالمدينة **(A)**.

نسخة غير معتمدة

10. بالنظر إلى قِيَم f(n)، يُلاحَظ أنَّ أصغر قيمة بينها هي القيمة 12,9، وأنَّها قيمة خاصة بالمدينة (D)؛ لذا يتمُّ الانطلاق من هذه المدينة لدراسة المسارات المُحتمَلة (المُمكِنة) منها، التي لم تُدْرس مُســـبَّقًا، على امتداد هذا المسار: المسار إلى المدينة (C)، والمسار إلى المدينة (F)، فتكون القِيَم الناتجة كما هو مُبيَّن في الشكل (3-7):

$$g(F) = 10 = 4 + 2 + 2 + 2$$
$$f(F) = g(F) + h(F)$$
$$= 13 = 10 + 3$$

$$g(C) = 11 = 5+2+2+2$$
$$f(C) = g(C) + h(C)$$
$$= 17.7 = 11 + 6.7$$

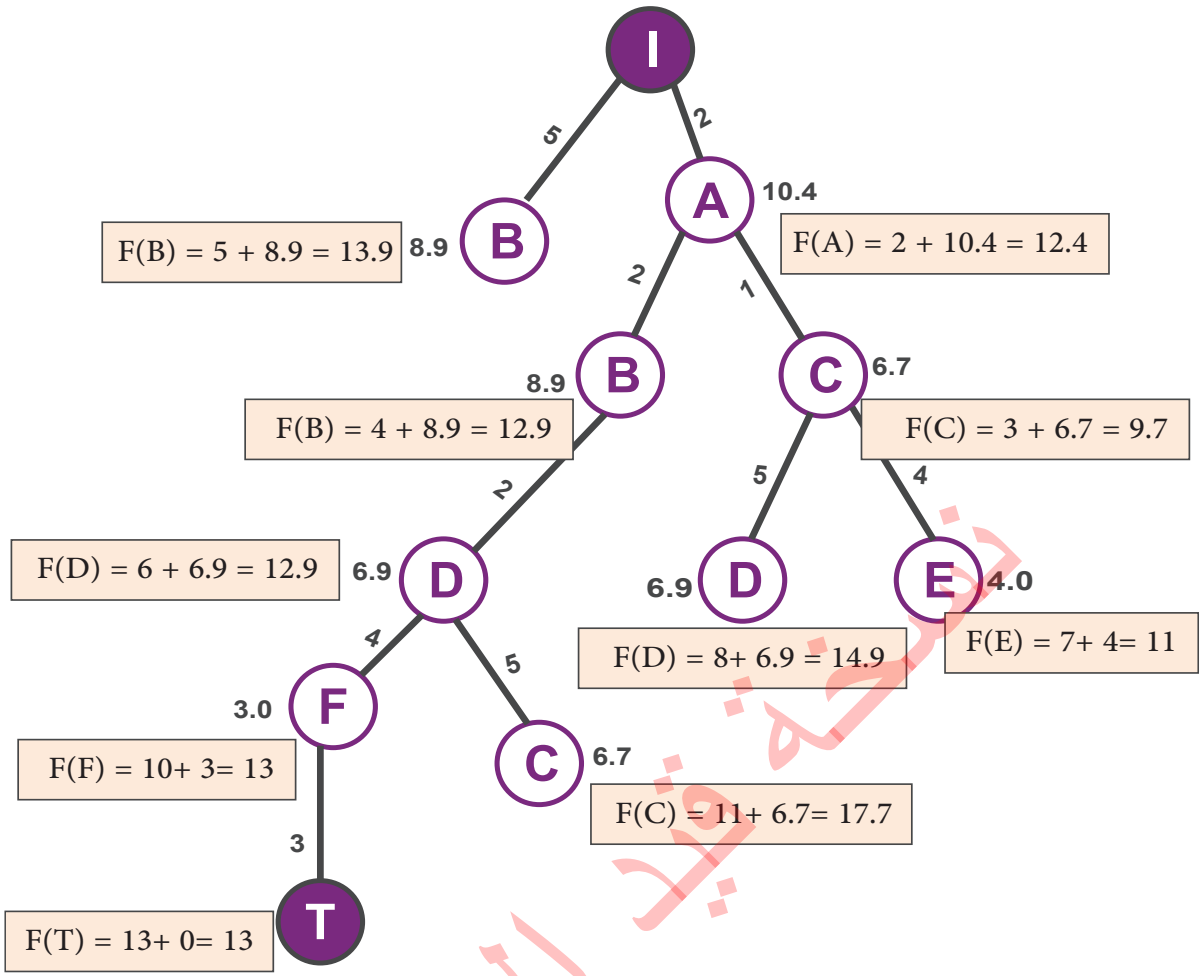


الشكل (3-7): قِيَم **f(n)** للمدينة **(C)** والمدينة **(F)**، مرورًا بالمدينة **(D)**.

11. المقارنة بين قِيَم f(n) المُحتمَلـــة (المُمكِنة)، فيُلاحَظ أنَّ أصغر قيمة لها هي القيمة التي عند المدينة (F)، وهي تســـاوي (13)؛ لذا يتمُّ الانطلاق من هذه المدينة إلى المدينة (T) كما هو مُبيَّن في الشكل (3-8):

$$g(T) = 13 = 3+ 4+2+2+2$$
$$f(T) = g(T) + h(T)$$
$$= 13 = 13 + 0$$

نسخة قيد الإعداد



الشكل (3–8): قيمة **f(n)** للمدينة الهدف (**T**) بأقل تكلفة مُحتمَلة (مُمكِنة).

إذن، أقل تكلفة مُحتمَلة (مُمكِنة) لانتقال ندى من المدينة (I) إلى المدينة (T) هي (13).

نسخة قيد الإعداد

أُناقِش

أُناقِش أفراد مجموعتي في السؤال الآتي:

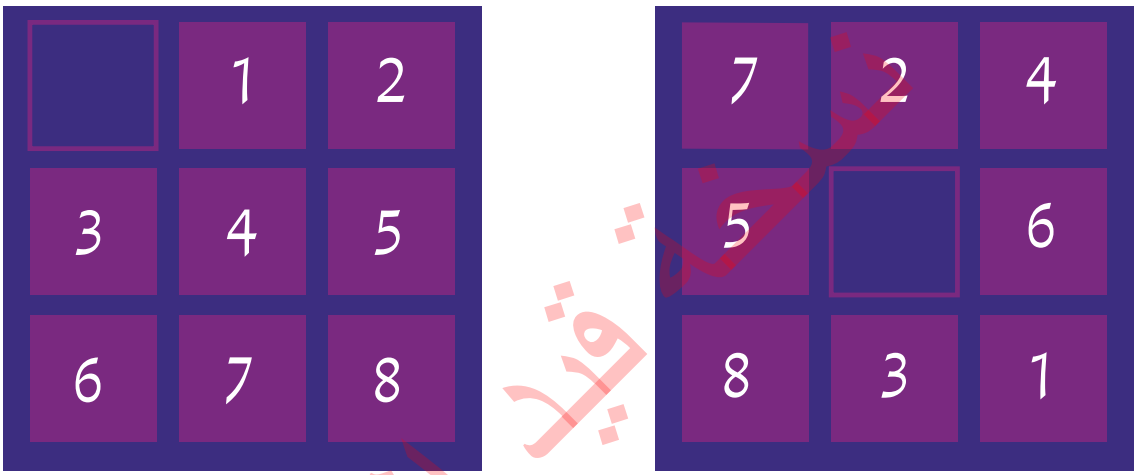
1- ما المزايا والعيوب لخوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)؟

نُـــدوِّن الإجابة التي نتوصَّل إليها في المجموعة، ثمَّ نُناقِشـــها مـــع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى للتوصُّل إلى إجابة صحيحة مُوحَّدة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

المثال (2):

تطبيق خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) على لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) باستخدام الاقترانات التقييمية.

يُبيِّن الشكل (3–9) الحالة الأوَّلية (الابتدائية) للعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) التي تحوي مُربَّعًا فارغًا في المنتصف. وعلى الجانب الأيســـر من هذا الشكل، تظهر إحدى الحالات الهدف، حيث رُتِّبت الأرقام تسلســـليًّا، وتُرِك الفراغ في بداية الأرقام، علمًا بأنَّ الانتقال من الحالة الأوَّلية (الابتدائية) إلى الحالة الهدف (الظاهرة في الشكل) يتطلَّب إجراء (26) خطوة.



الحالة الهدف
Goal State

الحالة الأوَّلية (الابتدائية)
Start State

الشكل (3–9): الحالة الأوَّلية (الابتدائية) والحالة الهدف المرغوب في الوصول إليها.

إنَّ تكلفة حَلِّ الألغاز المُكوَّنة من ثماني قطع عشوائيًّا – في المُتوسِّط – هي (22) خطوة؛ إذ يتحرَّك فيها المُربَّع الفارغ بثلاث طرائق؛ الأولى: إذا كان هذا المُربَّع في المنتصف، فله أنْ يتحرَّك في أربع خطوات مُحتمَلة (مُمكِنة)؛ أيْ في جميع الاتجاهات. والثانية: إذا كان هذا المُربَّع في الزاوية، فإنَّه يســـتطيع أنْ يتحرَّك حركتين فقط. والثالثة: إذا كان هذا المُربَّع عند الحافة، فإنَّ بإمكانه أنْ يتحرَّك ثلاث حركات. ومن ثَمَّ، فإنَّ تكلفة البحث الشامل في شجرة البحث إلى عمق (22) تتطلَّب البحث في نحو (322)، وهو ما يساوي 3.1×1010 حالة تقريبًا. وهذه القيمة كبيرة جدًّا.

أبحث

أبحث عن مُتوسِّط عدد الخطوات اللازمة لحَلِّ لغز مُكوَّن من (15) رقمًا.

نسخة قيد الإعداد

بناءً على العدد السابق لعدد الحالات التي يُمكِن بها إيجاد الحَلِّ، يجب إيجاد دالَّة استدلالية جيِّدة للتمكُّن من إيجاد أقصر الحلول؛ شرط ألّا تُبالِغ هذه الدالَّة في تقدير عدد الخطوات إلى الهدف.

يوجد طريقتان شائعتان للاستخدام، هما:

1. **H1**: عدد المُربَّعات في الأماكن الخطأ. بالنسبة إلى الشكل (3-9)، فإنَّ جميع المُربَّعات في غير موضعها؛ لذا، فإنَّ عدد الحركات التي يحتاج إليها كل مُربَّع للوصول إلى الحالة الهدف هو (8) حركات. وهذه الدالَّة الاستدلالية مقبولة؛ لأنَّه يجب تحريك كل مُربَّع من هذه المُربَّعات حركة واحدة على الأقل.
2. **H2**: مجموع مسافات المُربَّعات من مَواضِع هدفها. في هذه الطريقة، سيتمُّ حساب المسافات أفقيًّا أو عموديًّا؛ لأنَّه لا يُمكِنها التحرُّك قُطْريًّا. وH2 أيضًا مقبول؛ لأنَّ كل مُربَّع سيتحرَّك حركة واحدة على الأقل. أمّا بالنسبة إلى الشكل (3-9) والحالة الهدف، فإنَّ عدد الحركات التي يحتاج إليها كل مُربَّع للوصول إلى الحالة الهدف سيكون على النحو الآتي:

- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (1) هو (3).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (2) ليصل إلى موقعه الهدف هو (1).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليه المُربَّع الذي يحمل الرقم (3) ليصل إلى موقعه الهدف هو (2).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (4) ليصل إلى موقعه الهدف هو (2).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (5) ليصل إلى موقعه الهدف هو (2).
- عدد الحركات التي سيحتاجها المُربَّع الذي يحمل الرقم (6) ليصل إلى موقعه الهدف هو (3).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (7) ليصل إلى موقعه الهدف هو (3).
- عدد الحركات التي سيحتاج إليها المُربَّع الذي يحمل الرقم (8) ليصل إلى موقعه الهدف هو (2).

ومن ثَمَّ، فإنَّ مجموع الحركات للبلاطات (القطع) التي تحمل الأرقام السابقة هو:

$$H2 = 3+1+2+2+2+3+3+2 = 18$$

أُلاحِظ ممّا سبق أنَّ الحَلَّين لا يعطيان تقديرًا لتكلفة الحَلِّ الحقيقية التي يبلغ مقدارها (26).

إضاءة

تعمل اقترانات التقييم السابقة على إرجاع الحدود الدنيا للتكلفة الفعلية التي يتمُّ تقديرها؛ ففي لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle)، تُمثِّل كل حركة تحرُّكًا لمُربَّع واحد، ويتعيَّن على كل مُربَّع أنْ يتحرَّك مَرّات عديدة بقَدْر مسافة مانهاتن من موضعه الهدف، علمًا بأنَّ مسافة مانهاتن تُمثِّل الحَدَّ الأدنى لعدد الحركات الفعلية المطلوبة لحَلِّ مشكلة مُعيَّنة.

يُمكِن القول إنَّ الاقترانات الاستدلالية تُستمَدُّ من النماذج المُبسَّطة للمشكلة الأصلية؛ ففي لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle)، تقتصر الحركات المسموحة على تحريك مُربَّع من موضع إلى آخر فقط إذا كانت المساحة الفارغة مجاورة للمُربَّع الذي يُراد تحريكه.

لو افترضنا أنَّه تمَّ إزالة شرط وجوب تحريك المُربَّع إلى مسافة فارغة، فإنَّ الناتج سيكون مشكلة أبسط بكثير؛ إذ يُمكِن تحريك المُربَّع في أيِّ اتجاه وحدة واحدة فقط على طول اللعبة؛ أيْ إنَّ عدد التحرُّكات المطلوبة لحَلِّ هذه المشكلة المُبسَّطة يساوي المسافة من الحالة الأوَّلية (الابتدائية) إلى الحالة الهدف.

نشاط جماعي

أستخدم خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search) والاقتران التقييمي في حساب تكلفة الحَلِّ للمسألة الآتية:

2	1	5
	4	3
8	6	7

الحالة الأوَّلية (الابتدائية).

1	8	7
2		6
3	4	5

الحالة الهدف.

بعد ذلك نُشارِك النتائج التي نتوصَّل إليها في المجموعة مع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى، ثمَّ نَعْقد مقارنة بينها وبين النتائج التي توصَّلوا إليها في مجموعاتهم، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

نسخة قيد الإعداد

أُناقِش

أُناقِش أفراد مجموعتي في السؤالين الآتيين:

1- ما مدى صعوبة أتمتة المسائل التي تعتمد على وكيل واحد لتوليد الخوارزميات الإرشادية (الاستدلالية)؟

2- إذا افترضْتُ أنَّ جميع القيود قد أُزيلت عن لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8-Puzzle)، فكيف ستكون نتائج الاقترانات الاستدلالية؟

نُـــدوِّن الإجابة التي نتوصَّل إليها في المجموعة، ثمَّ نُناقِشـــها مـــع الزملاء/ الزميلات في المجموعات الأُخرى للتوصُّل إلى إجابة صحيحة مُوحَّدة، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شـــبكة الإنترنت عن مُتوسِّط عامل التفرُّع للعبة الشـــطرنج، وعدد العُقَد المُحتمَلة (المُمكِنة) لشجرة البحث، ثمَّ أكتب تقريرًا عن ذلك، ثمَّ أُشارِكه مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

نسخة قيد المراجعة

ثانيًا: الألعاب التي يمارسها لاعبان اثنان (Two-Player Games).

من الأمثلة على الألعاب التي يمارسها اثنان من اللاعبين: لعبة الشطرنج، ولعبة (XO). تعتمد دوال التقييم الاســـتدلالية في هذا النوع من الألعاب على القِيَم الإيجابية لأحد اللاعبيْن؛ إذ تشير القيمة الإيجابية الكبيرة إلى موقف أحد اللاعبيْن، وتُســـمَى (MAX)، في حين تشير القِيَم السلبية الكبيرة الحجم إلى مواقف صُلْبة للخصم، وتُســـمّى (MIN). ومن ثَـــمَّ، فإنَّ (MAX) يحاول التحرُّك إلى مواقف تعمل على تعظيم دالَّة التقييم الاستدلالية، في حين يحاول (MIN) التحرُّك إلى مواقف تُقلِّل من تلك الدالَّة، وتَحدُّ منها.

المواطنة الرقمية:

- **البحث المســـتمر:** أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن المعلومات المطلوبة، وأعمل على تبسيطها واستخدامها بصورة فاعلة.
- **المسؤولية الرقمية:** أُبادِر دائمًا إلى إيجاد الحلول التي تعمل على توفير الذاكرة والوقت.

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن الأسئلة الآتية:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود باقتران التقييم الاستدلالي.

السؤال الثاني: في المثال الخاص بانتقال ندى من المدينة (I) إلى المدينة (T)، لماذا وُضِعت القيمة صفر للدالَّة (hT)؟

السؤال الثالث: فيمَ يستفاد من استخدام الدوال الاستدلالية في عملية البحث؟

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن السؤالين الآتيين:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح عمل الاقتران الاستدلالي الخاص بمشكلة لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) إذا استُغنِي عن شرط الانتقال إلى مكان مجاور فقط؛ أيْ إمكانية الانتقال إلى أيِّ مكان في اللعبة مع الاحتفاظ بشرط أنْ يكون المكان فارغًا.

السؤال الثاني: أُفرِّق بين دالَّة التقييم الاستدلالية لمسألة إيجاد المسار التي يستخدمها عميل (وكيل) واحد والدالَّة الاستدلالية للعبة بين لاعبيْنِ اثنيْنِ.

نسخة قيد الإعداد

الدرس الرابع

تطبيقات الذكاء الاصطناعي باستخدام لغة البرمجة بايثون
(Artificial Intelligence Applications Using Python)

الفكرة الرئيسة:

سـأتعرَّف في هذا الدرس خوارزميات البحث التنافسية التي تُستخدَم في المسائل التي يتنافس فيها أكثر من عميل (وكيل)، مثل الألعاب الثنائية. كذلك سأتعرَّف خوارزمية (MiniMax)، وكيف تُستخدَم هذه الخوارزمية في لعبة (XO) لتحديد أفضل الحركات المُحتمَلة (المُمكِنة) لكل لاعب. بعد ذلك سأتعرَّف خوارزمية التقليم (Alpha–Beta) التي تُستخدَم مع خوارزمية (MiniMax) لزيادة كفاءة البحث وتقليل عدد العُقَد التي يجب تقييمها. وفي نهاية الدرس، سـأُطبِّق هذه المفاهيم عمليًّا عن طريق برمجة خوارزمية (MiniMax) باستخدام لغة البرمجة بايثون (Python)، ثمَّ توظيف هذه الخوارزمية في تطوير لعبة (XO) بشكل حاسوبي.

المفاهيم والمصطلحات:

البحث التنافسي (Adversarial Search)، لعبة مُحصِّلتها صفر (Zero–Sum Game)، شجرة اللعبة (Game Tree)، فائدة الحالة (Utility (s,a))، التقليم ألفا– بيتا (Alpha–Beta Pruning).

نتاجات التعلُّم (Learning Outcomes):

- أُوضِّح خوارزمية (MiniMax).
- أُبرمِج خوارزمية (MiniMax) لتطوير لعبة (XO) باستخدام لغة البرمجة بايثون (Python).
- أُوضِّح الاقترانات التقييمية، وأستخدمها.

نسخة قيد الإعداد

نشاط تمهيدي

أمسح الرمز السريع الاستجابة المجاور ، ثمَّ ألعب لعبة الشطرنج مع جهاز الحاسوب:

هل فكَّرْتُ يومًا في آليَّة اختيار جهاز الحاسوب لحركاته؟

بعد ذلك أُدوِّن الإجابة التي أتوصَّل إليها، ثمَّ أُشارِكها مع الزملاء/ الزميلات في الصف، ونتبادل معًا التغذية الراجعة.

خوارزميات البحث التنافسي (Adversarial Search Algorithms) :

تُعَدُّ خوارزميات البحث التنافسي من أنواع خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي، وهي تُستخدَم في حال وجود عميلين (وكيلين) (Agents Two) أو أكثر يُنافِس كلٌّ منهما الآخر كما في ألعاب الذكاء، والشطرنج، وتخطيط الاستراتيجيات.

تختلف خوارزميات البحث التنافسي عن خوارزمية البحث الشامل بالأفضلية (A* Search)، التي تبحث دائمًا عن أفضل مسار للحَلِّ، في أنَّها تعتمد المواجهة والتغلُّب على الخصم الذي يحاول دائمًا إفشال خُطَط اللاعب والسعي إلى الفوز. من أشهر الأمثلة على خوارزميات البحث التنافسي: خوارزمية (MiniMax)، وخوارزمية التقليم (Alpha–Beta)، وخوارزمية (Monte Carlo).

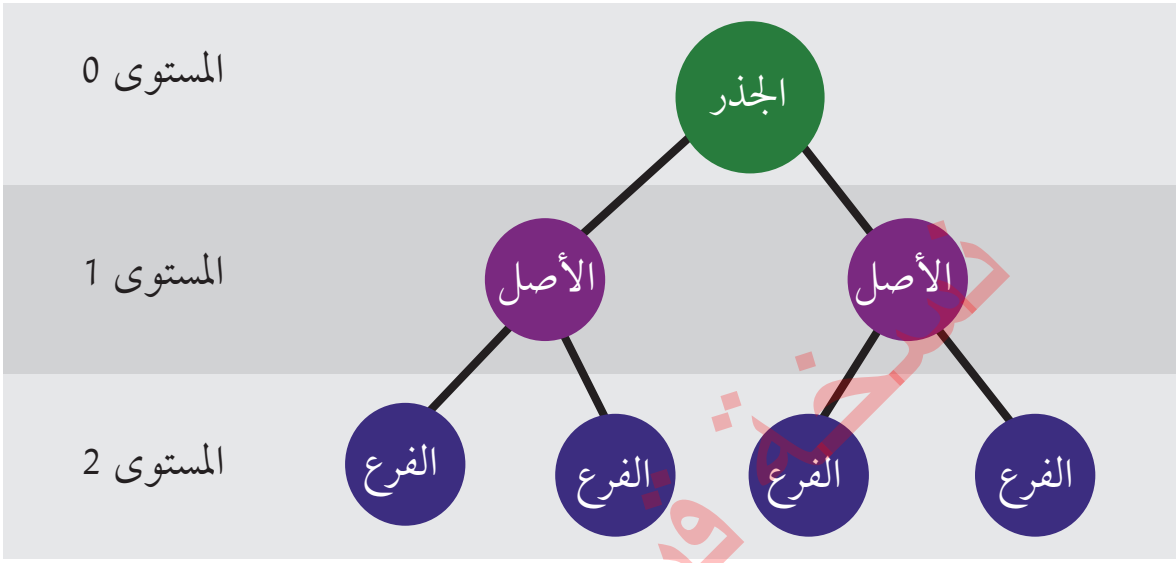
أوَّلًا: خوارزمية (MiniMax).

خوارزمية تنافسية في الذكاء الاصطناعي، وهي تختصُّ باتِّخاذ قرارات مُتكرِّرة؛ إذ تُبادِر إلى اتِّخاذ خطوة مثالية للاعب، بافتراض أنَّ الخصم يلعب بشكل مثالي. ولكي تتمكَّن هذه الخوارزمية من اتِّخاذ قرار مثالي؛ يجب أنْ تُقيِّم شجرة اللعبة كاملة.

تبدأ شجرة البحث – كما هو معتاد– بالحالة الأوَّلية (الابتدائية). وهذه العُقْدة تُمثِّل جذر شجرة البحث، ثمَّ يتمُّ الانتقال إلى المستوى الأوَّل من شجرة البحث، حيث توضَع فيه جميع الحركات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب الأوَّل ضمن مجموعة من العُقَد، وتُعامَل معاملة الأبناء للعُقْدة الجذرية. أمّا في المستوى الثاني فيتمُّ تمثيل كل حركة يُحتمَل أنْ يلعبها اللاعب الثاني بناءً على حركات اللاعب الأوَّل، وعلى أساس أنَّه يلعب لعبًا مثاليًّا، وتكون هذه العُقَد أبناءً للعُقَد في المستوى السابق. في المُحصِّلة، ستُبْنى شجرة بحث تحتوي على جميع الحالات المُحتمَلة (المُمكِنة) ضمن (N) عُقْدة كما هو مُبيَّن في الشكل (4–1).

نسخة غير للبيع

تُحسَب قيمة لكل عُقْدة بناءً على اقتران تقييمي مُستخدَم سيتمُّ توضيحه في هذا الدرس؛ إذ يسعى اللاعب (MAX) إلى زيادة قيمةِ نتيجةِ الاقتران التقييمي بناءً على الحالة الحالية، في حين يسعى اللاعب (MIN) إلى تقليل قيمةِ نتيجةِ الاقتران التقييمي. بناءً على هذه القِيَم، يُمكِن معرفة إذا كان هذا المَوْضع جيِّدًا للاعب مُعيَّن أم لا.

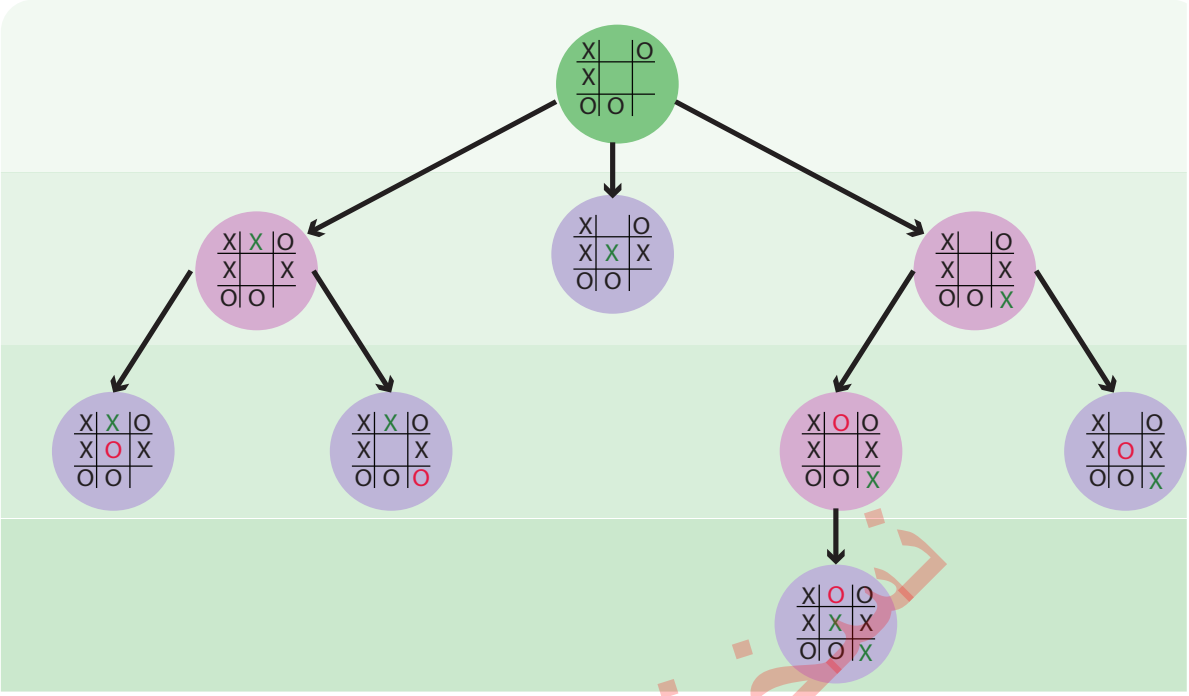


الشكل (4-1): شجرة البحث للعبة يلعبها ثنائي.

مثال:

يُبيِّن الشكل (4-2) شجرة بحث تُظهِر جزءًا من لعبة (XO)، وتتضمَّن عرضًا لاحتمالات اللعب بالنسبة إلى اللاعب (X) الذي ستعمل خوارزمية (MiniMax) على تسميته (Max). كذلك تتضمَّن شجرة البحث عرضًا لاحتمالات اللعب بالنسبة إلى اللاعب (O) الذي ستعمل هذه الخوارزمية على تسميته (Min)، ثمَّ تتولّى تسجيل المَواضِع التي فاز فيها اللاعب (X) بقيمة موجبة، والمَواضِع التي فاز فيها اللاعب (O) بقيمة سالبة. بعد ذلك ستتخذ الخوارزمية قرارًا يُحدِّد أفضل لعبة يُمكِن ممارستها، في ما يُمثِّل الدور الذي تؤدّيه خوارزمية (MiniMax).

نسخة قيد الإعداد



الشكل (4-2): مبدأ عمل خوارزمية (**MiniMax**) بشكلها البسيط.

استنادًا إلى الشكل (4-2)، فإنَّ اللاعب (MAX) يتحرَّك أوَّلًا، يليه اللاعب (Min)، ثمَّ يتناوب اللاعبان على التحرُّك إلى حين انتهاء اللعبة. وما إنْ تنتهي اللعبة، حتّى تُمنَح نقاط للاعب الفائز.

يُمكِن تعريف اللعبة بأنَّها مشكلة بحث مع العناصر الآتية:

- **الحالة الأوَّلية (الابتدائية)** (S_0): تُحدِّد هذه الحالة كيفية إعداد اللعبة في بدايتها.
- **اللاعب** (S): يُحدِّد اللاعب الذي لديه الحركة في حالة مُعيَّنة.
- **الإجراء** (as): يعمل الإجراء (as) على إرجاع مجموعة التحرُّكات المُحتمَلة (المُمكِنة) إلى حالة مُعيَّنة.
- **النتيجة (result (S, a))**: يُقصَد بذلك نموذج الانتقال الذي يُحدِّد نتيجة الحركة.
- **اختبار المَحطَّة (اختبار المَحطّات)**: يُطلَق على الحالات التي تنتهي فيها اللعبة اسم حالات المَحطَّة، وهي تُعَدُّ صحيحة في حال انتهاء اللعبة، وتُعَدُّ غير صحيحة إذا لم تنتهِ اللعبة.
- **فائدة الحالة (utility (s,a))**: تُسمّى أيضًا دالَّة الهدف أو دالَّة العائد، وهي تُحدِّد القيمة العددية النهائية للعبة. ففي لعبة الشطرنج مثلًا، تكون النتيجة إمّا فوزًا، وإمّا خسارةً، وإمّا تعادلًا، فتكون القِيَم (+1)، أو (0)، أو (½)؛ إذ يعطى اللاعب (Max) القيمة (1) في حال الفوز، ويعطى القيمة (0) في حال الخسارة، في حين يعطى كلٌّ من اللاعبيْنِ القيمة (½) في حال التعادل.

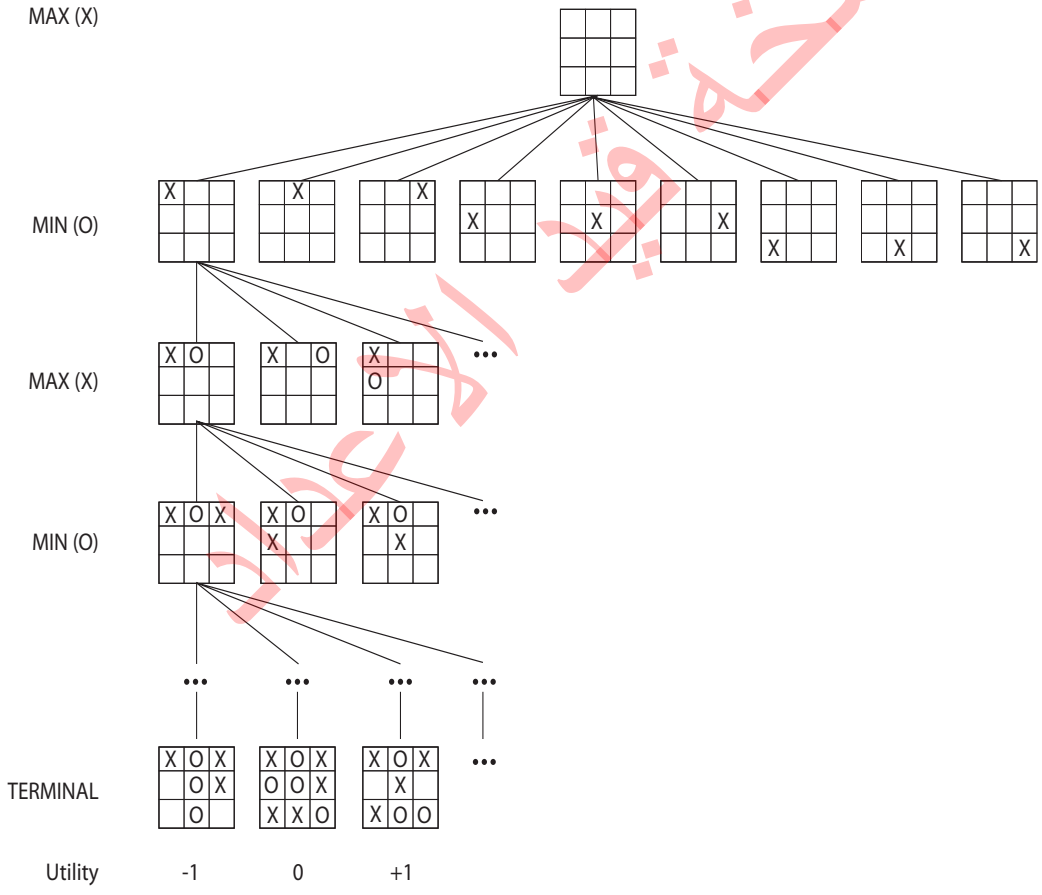
نسخة قيد الإعداد

يشار إلى لعبة الشطرنج بمصطلح "لعبة مُحصِّلتها صفر" (Zero–Sum Game)؛ أيْ إنَّ مجموع النقاط الإجمالي لكلا اللاعبيْنِ هو نفســـه لكل حالة من حالات اللعبة؛ ذلك أنَّ نتائجها دائمًا إمّا (0+1)، وإمّا (1+0)، وإمّا (½ + ½)؛ ما يعني أنَّ المجموع الإجمالي في جميع الحالات يساوي (1).

تعمل كلٌّ من الحالة الأوَّلية (الابتدائية) ودالَّة الإجراء ودالَّة النتيجة على تحديد شجرة اللعبة (Game Tree) للعبة. وهذه الشجرة تحتوي على عُقَد تُمثِّل حالات اللعبة، وهي تختلف عن شجرة البحث التي تعرَّفْتُها مُسبَقًا في أنَّ اسم اللاعب الذي يؤدّي دورًا في هذا المستوى من اللعبة يُكتَب عند الحافة.

مثال:

الشكل (4–3) جزءًا من شجرة اللعبة في لعبة (XO)، يُبيِّن الحالة الابتدائية ، واسم كلٍّ من اللاعبيْنِ على يسار الشجرة، ودالَّة النتيجة.



الشكل (4–3): جزء من شجرة اللعبة للعبة (**XO**).

بالنظر إلى الشكل الســـابق، يُلاحَظ أنَّ اللاعب (MAX) الذي كتب حرف (X) في الحالة الأوَّلية (الابتدائية) له (9) حركات مُحتمَلة (مُمكِنة). ثمَّ يأتي دور اللاعب (Min) الذي وضع حرف (O)، ثمَّ تناوب اللاعبان على وضع الإشـــارات، لتنتهي اللعبة بالوصول إلى الحالة النهائية؛ وهي وضع

نسخة قيد الإعداد

أحد اللاعبيْنِ (3) إشارات له على خطٍّ مستقيم، أو امتلاء جميع المُربَّعات في اللعبة. أمّا القِيَم في أسفل الشـــكل فتشير إلى قِيَم الحالة النهائية من وجهة نظر اللاعب (MAX)، وهي: (+1) في حال فوزه، و(−1) في حال خسارته، و(0) في حال تعادله مع اللاعب (Min).

أبحث

أبحث في المواقع الإلكترونية الموثوقة في شبكة الإنترنت عن ألعاب تختلف في نتائجها عن نتائج لعبة الشطرنج (فوز، خسارة، تعادل)، ثمَّ أُشارِك النتائج التي أتوصَّل إليها مع الزملاء/ الزميلات في الصف.

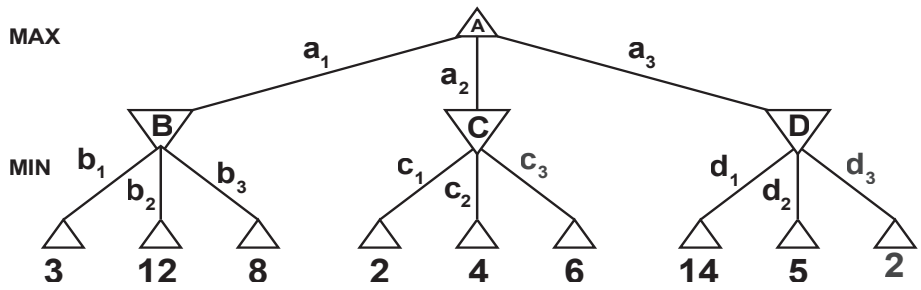
إضاءة

الحَلُّ الأمثل في مشـــكلات البحث العادية يكون دائمًا سلسلة من الإجراءات، تبدأ بالحالة الأوَّلية (الابتدائية)، وتنتهي بالحالة الهدف؛ وهي الحالة النهائية التي تُمثِّل الفوز.
أمّا في البحث التنافسي (Adversarial Search) فيتعيَّن على اللاعب (MAX) إيجاد استراتيجية طارئة تُحدِّد حركته للحالة الأوَّلية (الابتدائية)، ثمَّ التحرُّكات الناجمة عن كل استجابة مُحتمَلة (مُمكِنة) من اللاعب (MIN)، وهكذا. وفي نهاية المطاف، فإنَّ الاستراتيجية المُثلى ستُفْضي إلى نتائج جيِّدة.

آليَّة عمل خوارزمية (MiniMax):

يعرض الشكل (4–4) مثالًا سهلًا على لعبة تُبيِّن آليَّة عمل خوارزمية (MiniMax)؛ إذ يبدأ اللاعب (MAX) اللعب من عُقْدة الجذر، وتُســـمّى الحركات المُحتمَلـــة (المُمكِنة) لهذا اللاعب (a1)، و(a2)، و(a3) كما هو مُبيَّن في الشكل. فإذا اختار اللاعب (MAX) الحركة (a1)، فإنَّ العُقْدة (B) ستنشأ، وستكون الاســـتجابات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (MIN) هي: (b1)، و(b2)، و(b3). أمّا إذا اختار اللاعب (MAX) الحركة a2، فســـتظهر العُقْدة (C)، وستكون الاستجابات المُحتمَلة (المُمكِنة) للاعب (MIN) هي: (c1)، و(c2)، و(c3)، وهكذا الحال بالنســـبة إلى بقيَّة الحركات. ثمَّ ســـتنتهي اللعبة بعد أداء كلٍّ من اللاعبيْنِ حركة واحدة فقط؛ إذ يقال في لغة الألعاب: "إنَّ عمق الشـــجرة هو حركة واحدة، تتكوَّن من حركتين نصفيتين، تُسمّى كلٌّ منهما (ply)؛ أيْ حركة واحدة لكل لاعب". يُذكَر أنَّ قيمة الفائدة للحالات النهائية في هذه اللعبة تتراوح بين (2) و(14).

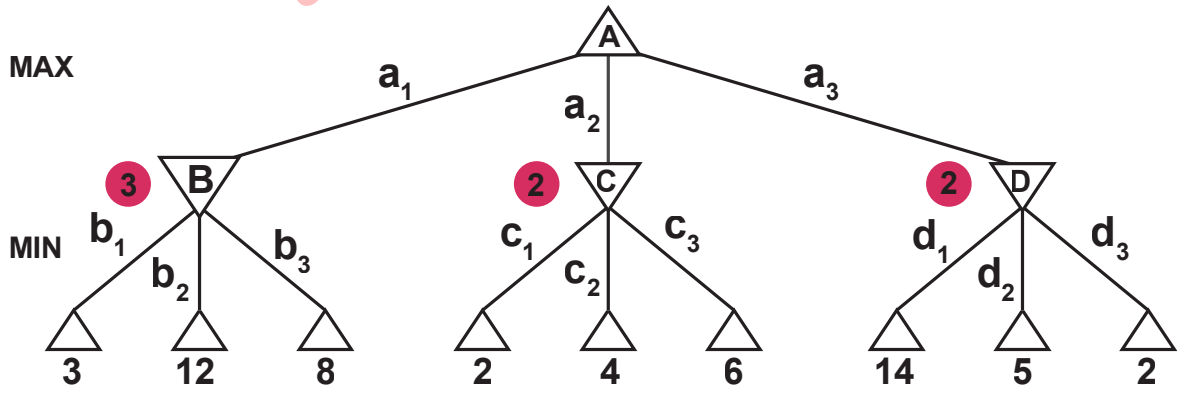
نسخة غير للإعداد



الشكل (4-4): لعبة بسيطة تُبيِّن مبدأ عمل خوارزمية (**MINIMAX**).

تُكتَب القيمة التقييمية لكل عُقْدة باستخدام (n) (MINIMAX)، وهذه القيمة تُعَدُّ الفائدة للاعب (MAX)على أساس أنَّ كلا اللاعبيْنِ يلعبان بشكل مثالي. عند منح اللاعبيْنِ الخيار، فإنَّ اللاعب (MAX) يُفضِّل دائمًا التحرُّك نحو العُقْدة التي تملك أعلى قيمة للفائدة، في حين يُفضِّل اللاعب (MIN) التحرُّك في اتجاه العُقْدة التي لها أقل قيمة للفائدة.

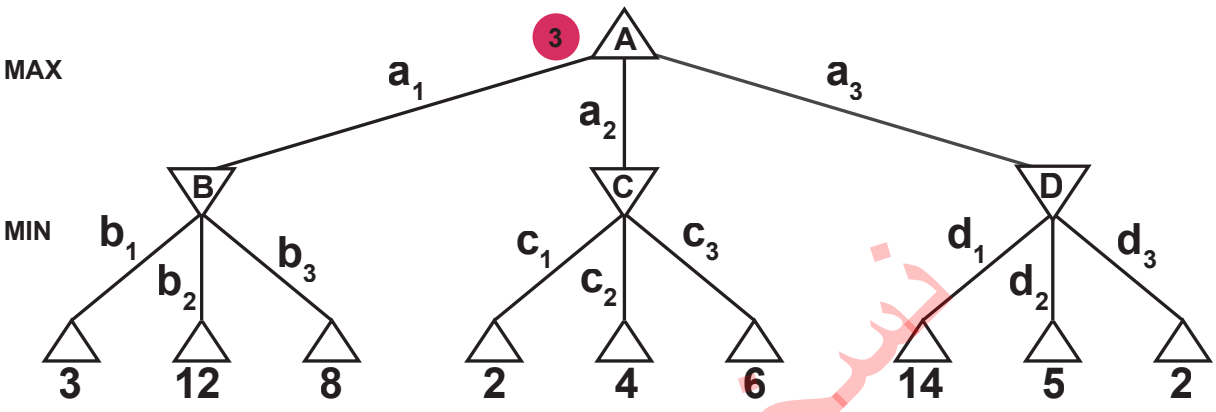
في الشكل (4-5)، تُمثِّل العُقْدة (B) أوَّل عُقْدة للاعب (MIN). ولهذه العُقْدة ثلاثة أبناء يحملون القِيَم الآتية: (3)، و(12)، و(8). ولأنَّ هذه العُقْدة تخصُّ اللاعب (MIN)؛ فإنَّه سيختار المسار الذي يعطي أقل قيمة مُحتمَلة (مُمكِنة)، وهي (3) في هذه الحالة. أمّا بالنسبة إلى العُقْدة (C)، فعند المقارنة بين قِيَم أبنائها (العُقَد الناتجة منها)، وهي: (2)، و(4)، و(6)، يتبيَّن أنَّ (2) أقل قيمة من هذه القِيَم، وهي القيمة التي يحاول اللاعب (MIN) التحرُّك في اتجاهها. وفي ما يخصُّ العُقْدة الأخيرة (D)، فإنَّ أقل قيمة بين أبنائها الثلاثة (2، 5، 14) هي أيضًا (2). ومن ثَمَّ، فإنَّ اللاعب (MIN) سيختار هذه القيمة. يُذكَر أنَّ القِيَم الراجعة من حركات اللاعب (MIN) تظهر في الشكل، وقد ظُلِّلت باللون الوردي لتمييزها.



الشكل (4-5): القِيَم الراجعة من حركة اللاعب (**MIN**).

نسخة قبل الاعداد

بعد الانتهاء من تقييم حركات اللاعب (MIN)، يأتي دور اللاعب (MAX) الذي يسعى دائمًا إلى اختيار المسار الذي له أعلى قيمة مُحتمَلة (مُمكِنة). ففي هذا المثال، أوَّل عُقْدة للاعب (MAX) هي (A). وعند المقارنة بين القِيَم الناتجة من أبنائها، وهي: (3)، و(2)، و(2)، يتبيَّن أنَّ أعلى قيمة هي (3)؛ لذا سيختار اللاعب (MAX) الحركة (a1) على أساس أنَّها حركته التالية. أنظر الشكل (4-6).



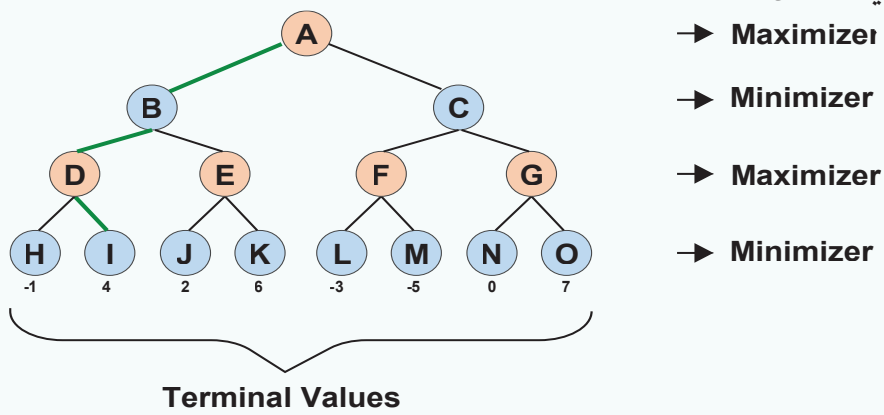
الشكل (4-6): القيمة العظمى الخاصة باللاعب (MAX).

أُلاحِظ أنَّ خوارزمية (MiniMax) تعمل على إيجاد القرار المناسب انطلاقًا من الحالة الحالية للعبة؛ إذ تعتمد اللعبة على الحسابات المُكرَّرة البسيطة لقِيَم خوارزمية (MiniMax) الخاصة بكل حالة لاحقة في شجرة اللعبة، علمًا بأنَّ إجراء هذه الحسابات يتمُّ عن طريق التطبيق المباشر للمعادلات المُحدَّدة. ثمَّ يستمر هذا التكرار حتّى الوصول إلى العُقَد الطرفية (نهاية شجرة اللعبة)، بعد ذلك تُنسَخ قِيَم خوارزمية (MiniMax) أثناء عملية فَكِّ التكرار (Backtracking) في شجرة اللعبة. وهذه الآليَّة تُشبِه فكرة الاقترانات الراجعة (Recursive Functions) في عمليات البرمجة.

نسخة قيد الإعداد

نشاط فردي

أجد قيمة خوارزمية (MINIMAX) للعبة المُبيَّنة في الشكل (4-7)، علمًا بأنَّ قيمة الفائدة لكل حالة ظاهرة في الشكل.



الشكل (4-7): شجرة لعبة يُراد إيجاد قيمة خوارزمية (MINIMAX) لها.

التعقيد المكاني والتعقيد الزماني:

إذا كان أقصى عمق للشـــجرة هو (m)، وكانت توجد حركة مســـموحة في كل نقطة، فإنَّ التعقيد الزماني لخوارزمية (MiniMax) هو O (b^m)، في حين يكون التعقيد المكاني O (b^m) لخوارزمية تُولِّد جميع الإجراءات دفعة واحدة، أو O(m) لخوارزمية تُولِّد إجراءً واحدًا في كل مَرَّة.

تعمل خوارزمية (MiniMax) على استكشـــاف كامل شجرة اللعبة باســـتخدام خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا (Depth–First Search). فإذا كان أقصى عمق للشـــجرة هو (m)، وتبيَّن وجود (b) حركة مُحتمَلة (مُمكِنة) في كل عُقْدة، فإنَّ التعقيد الزماني لخوارزمية (MiniMax) سيكون O (b^m). وبالمثل، فإنَّ التعقيد المكاني ســـيكون O (b^m)، ويُقصَد به عدد الحركات المُحتمَلة (المُمكِنة) إذا عملت الخوارزمية على توليد جميع الإجراءات دفعة واحدة (أي احتفظت بالشـــجرة كاملةً في الذاكرة)، أو O(m) إذا ولَّدت الخوارزمية إجراءً واحدًا في كل مَرَّة (أي احتفظت بمسار واحد فقط في الذاكرة أثناء عملية الاستكشاف).

تتمثَّل المشكلة الرئيســـة عند اســـتخدام خوارزمية (MiniMax) في أنَّ عدد الحالات التي يجب فحصها يزداد بصورة كبيرة عند زيادة عمق شـــجرة اللعبة؛ ما يؤدّي إلى تعقيد حســـابي عالٍ جدًّا. بالرغم من ذلك، يُمكِن تقليل عدد الحالات التي يتمُّ فحصها إلى النصف أو أكثر عن طريق حساب قرار خوارزميـــة (MiniMax) من دون حاجة إلى النظر في كل عُقْدة من العُقَد في شـــجرة اللعبة. تحقيقًا لهذا الهدف؛ تُستخدَم فكرة تقليم الأشـــجار (Pruning) التي تتيح استبعاد أجزاء مُعيَّنة من شـــجرة اللعبة أثناء عملية البحث؛ لأنَّ هذا الاستبعاد لن يُؤثِّر في القرار النهائي. أمّا التقنية الخاصة المُســـتخدَمة لهذا الغرض فتُسمّى التقليم ألفا–بيتا (Alpha–Beta Pruning). عند تطبيق هذه التقنية على شـــجرة خوارزمية (MiniMax)، فإنَّها تعمل على إزالة الفروع التي لا تُؤثِّر في القرار النهائي للاعـــب (MAX) أو اللاعب (MIN)؛ ما يؤدّي إلى تقليل عدد العُقَد التي تتمُّ زيارتها بصورة كبيرة، ثمَّ تحسين كفاءة الخوارزمية من دون التأثير في صحة القرار.

بالرجوع إلى الشكل (4–4)، يُلاحَظ أنَّه يُمكِن الاستغناء عن تقييم عُقْدتين ورقيتين. فمثلًا، يُمكِن ترميز آخر عُقْدتين من أبناء العُقْدة (C) بالرمز (x) والرمز (y)، ثمَّ تُحسَب القيمة النهائية باستخدام الصيغة الآتية:

MINIMAX (root) = max (min (3,12,8) , min (2, x, y), min (14,5,2))

= max (3, min (2, x, y), 2)

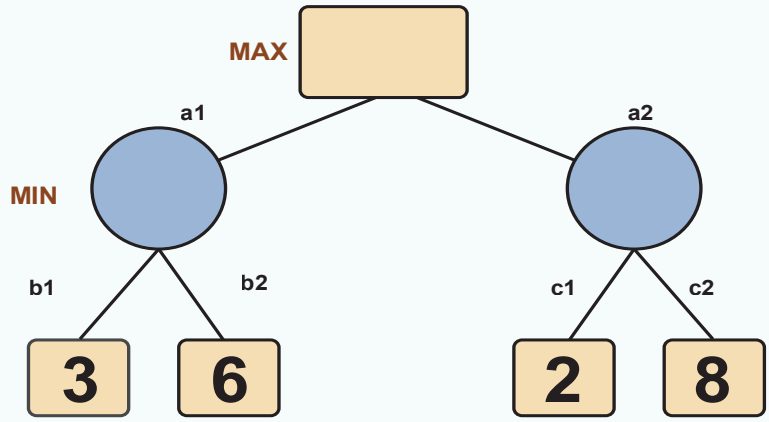
= max (3, z, ؛ (2 z = min (2,x,y) ≤ 2

= 3

أُلاحِظ أنَّ قيمة الجذر مستقلة عن قِيَم العُقَد المُقلَّمة (x، y).

نشاط فردي

أحسُب قيمة MiniMax(root) لشجرة البحث المُبيَّنة في الشكل (4-8).



الشكل (4-8): شجرة بحث.

نسخة قيد الإعداد

التعامل مع حيِّز الحالة برمجيًا:

يُمكِن لخوارزميات البحث تتبُّع شـــجرة البحث في حال توافر بِنية بيانات تُنشَأ بحسب الخوارزمية المُســـتخدَمة، ولكنْ يجب أنْ تتوافر في هذه البِنية أربعة مُكوِّنات رئيسة لكل عُقْدة (m) من شجرة البحث، وهي:

1. الحالة m (m state): إحدى حالات حيِّز الحالة الذي يُمثِّل العُقْدة (m).
2. الأب (Parent): عُقْدة في شجرة البحث، تفرَّعت منها العُقْدة (m).
3. الإجراء (Action): إجراء طُبِّق على العُقْدة الأب لإنشاء العُقْدة (m).
4. تكلفة المسار (Path-Cost) للعُقْدة (m): تكلفة المســـار من الحالة الأوَّلية (الابتدائية) إلى العُقْدة (m)، ويُرمَز إليها بالرمز g(m).

تختلف الحالة عن العُقْدة في أنَّ الأخيرة هي بِنية بيانات تُستخدَم لتمثيل شجرة البحث، ويُستخدَم الأب للدلالة عليها برمجيًّا، ويُمكِن لعُقْدتين مختلفتين تمَّ إنشـــاؤهما من مســـارين مختلفين أنْ تتضمَّنا نفس الحالة. تأسيسًـــا على ذلك، تُســـتخدَم آليّات مُعيَّنة لحفظ بيانات شجرة البحث بما يُناسِب خوارزميات البحث.

يعتمد استخدام خوارزمية البحث على ضوابط ومعايير وأُسس عِدَّة، يتمثَّل أبرزها في الأسئلة الآتية:

- هل تضمن الخوارزمية إيجاد الحَلِّ؟
- هل تستطيع الخوارزمية إيجاد الحَلِّ المثالي؟
- ما الوقت الذي تستغرقه الخوارزمية في إيجاد الحَلِّ؟

- ما حجم الذاكرة اللازم لإنهاء عملية البحث؟

برمجة لعبة (XO) باستخدام لغة البرمجة بايثون (Python):

في ما يأتي الخطوات اللازمة لبرمجة لعبة (XO) في لغة البرمجة بايثون (Python):

1. تعريف لوحة اللعبة بوصفها مصفوفة (3×3). أنظر الشكل (4-9) الذي يُبيِّن كيف تُعرَّف لوحة اللعبة بصفتها مصفوفة.

```
import math

# 3x3 تعريف لوحة اللعبة كمصفوفة
def print_board (board ):
    for row in board :
        print (" | " .join (row ))
        print ("\n" )
```

الشكل (4-9): تعريف لوحة اللعبة بوصفها مصفوفة.

2. تعريف دالَّة خوارزمية (MINIMAX)؛ إذ تُستخدَم هذه الدالَّة في تحديد أفضل حركة للذكاء الاصطناعي (X) في لعبة (XO)، ومُدخَلاتها هي مصفوفة ثنائية الأبعاد تُمثِّل لوحة اللعب (board)، وعمق الشجرة (depth)، ومُتغيِّرًا منطقيًّا (is_maximizing) يُرجِع قيمة منطقية مقدارها (true) إذا كان الدور في اللعب للذكاء الاصطناعي، و(false) إذا كان الدور في اللعب للمُستخدِم. أمّا مُخرَجات هذه الدالَّة فهي (1) إذا فاز الذكاء الاصطناعي، و(-1) إذا فاز المُستخدِم، و(0) إذا تعادل المُستخدِم مع الذكاء الاصطناعي. يُذكَر أنَّ القيمة التي تتراوح بين (-1) و(1) أثناء عملية البحث تُعبِّر عن جودة الحركات المُحتمَلة (المُمكِنة)، وهي مُبيَّنة في الشكل (4-10).

نسخة قيد الاعداد

```python
def minimax(board, depth, is_maximizing):
    scores = {"X": 1, "O": -1, "draw": 0}
    winner = check_winner(board)
    if winner:
        return scores[winner]

    if is_maximizing:
        best_score = -math.inf
        for i in range(3):
            for j in range(3):
                if board[i][j] == " ":
                    board[i][j] = "X"
                    score = minimax(board, depth + 1, False)
                    board[i][j] = " "
                    best_score = max(score, best_score)
        return best_score
    else:
        best_score = math.inf
        for i in range(3):
            for j in range(3):
                if board[i][j] == " ":
                    board[i][j] = "O"
                    score = minimax(board, depth + 1, True)
                    board[i][j] = " "
                    best_score = min(score, best_score)
        return best_score
```

الشكل (4–10): دالَّة خوارزمية (Mimimax)بلغة البرمجة بايثون(Python).

نسخة قيد الإعداد

3. تعريف الجزء الرئيس من البرنامج كما هو مُبيَّن في الشكل (4-11).

```
def main():
    board = [[" " for _ in range(3)] for _ in range(3)]
    while True:
        print_board(board)
        if check_winner(board):
            print("Game Over! Winner: ", check_winner(board))
            break
        # دور اللاعب (O)
        row, col = map(int, input("Enter your move (row and column):
").split())
        if board[row][col] == " ":
            board[row][col] = "O"
        else:
            print("Invalid move! Try again.")
            continue
        if check_winner(board):
            print_board(board)
            print("Game Over! Winner: ", check_winner(board))
            break
        # دور الذكاء الاصطناعي (X)
        print("AI is making a move...")
        move = best_move(board)
        if move:
            board[move[0]][move[1]] = "X"
if __name__ == "__main__":
    main()
```

نسخة قيد الإعداد

الشكل (4-11): الجزء الرئيس من البرنامج.

نشاط جماعي

أكتب دالَّة باستخدام لغة البرمجة بايثون (Python)، أُطلِق عليها اسم (check_winner) ، وهي تأخذ اللوحة بوصفها مُدخَلًا، وتُرجِع القيمة (X) إذا فاز الذكاء الاصطناعي، وتُرجِع القيمة (O) إذا فاز المُستخدِم، وتعتمد القيمة (draw) إذا انتهت اللعبة بالتعادل، وتعتمد القيمة (none) إذا كانت بعض الخانات لا تزال فارغة، ولا يوجد فائز حتّى ذلك الوقت.

نشاط فردي

أكتب دالَّة باســـتخدام لغة البرمجة بايثون (Python) لتحديد أفضل حركة للعبة؛ على أنْ تكون مُدخَلات هذه الدالَّة هي اللوحـــة (board)، ومُخرَجاتها هي إرجاع زوج يُمثِّل الصف والعمود لأفضل حركة.

نشاط فردي

أُفكِّر في خطوات برمجة لعبة (لغز) الأرقام الثمانية (8–Puzzle) باســـتخدام لغة البرمجة بايثون (Python)، علمًا بأنَّه يُمكِنني الاســـتعانة ببرامج الذكاء الاصطناعـــي لكتابة المقطع البرمجي (الكود)، ثمَّ تطبيقه في جهاز الحاسوب للتحقُّق من فعّاليته.

المواطنة الرقمية:

- **الأخلاق الرقمية**: عند مشـــاركتي في الألعاب الرقمية، أقبل النتيجة بروح رياضية؛ سواء كانت فوزًا، أو خسارةً، أو تعادلًا.
- **التعلُّم المستمر**: أتعلَّم من خوارزمية البحث كيف أعمل على تطوير مهاراتي وقدراتي، وكيف أبحث عن أفضل ما لديَّ بشكل دائم.

نسخة قيد الإعداد

أُقيِّم تعلُّمي

المعرفة: أستخدم ما تعلَّمْتُه من معارف في هذا الدرس للإجابة عن السؤالين الآتيين:

السؤال الأوَّل: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

1. البحث التنافسي.

.....

.....

2. خوارزمية (MINIMAX).

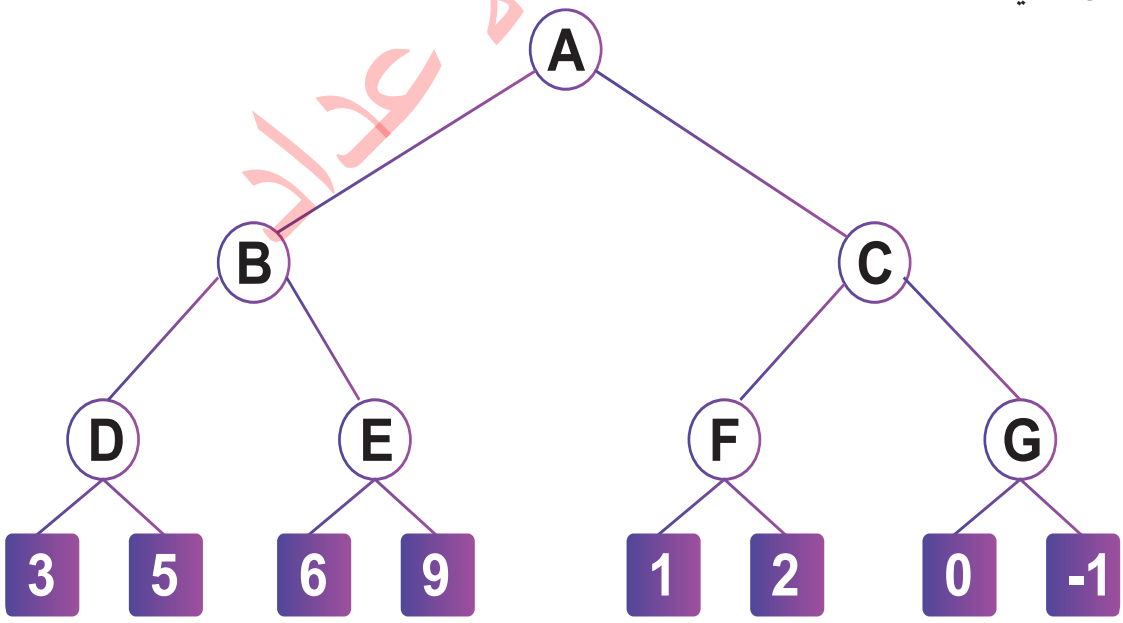
.....

.....

السؤال الثاني: أُوضِّح خطوات حساب القرار في خوارزمية (MINIMAX).

المهارات: أُوظِّف مهارات التفكير الناقد والبحث الرقمي والتواصل في الإجابة عن السؤالين الآتيين:

الســـؤال الأوَّل: أجد القيمة النهائية لخوارزمية (MINIMAX) بناءً على شـــجرة اللعبة المُمثَّلة في الشكل الآتي:



الســـؤال الثاني: أتتبَّع خوارزمية التقليم ألفا- بيتا (Alpha-Beta Pruning) على شجرة اللعبة الوارد ذكرها في السؤال الأوَّل.

نسخة قيد الاعداد

أسئلة الوحدة

السؤال الأوَّل: أضع إشارة (✔) بجانب العبارة الصحيحة، وإشارة (✖) بجانب العبارة غير الصحيحة في ما يأتي:

3. تتمثَّل خطوة صياغة الهدف في تنظيم الأهداف، ثمَّ تنظيم الإجراءات التي يجب اتِّباعها للوصول إلى الهدف. ( )
4. العُقْدة والحالة في شجرة البحث هما وجهان لعملة واحدة. ( )
5. تعمل خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا على استكشاف جميع العُقَد التي في المستوى، بَدْءًا باليسار، وفي اتجاه اليمين. ( )
6. يحاول اللاعب في خوارزمية (MINIMAX) اختيار القيمة العظمى فقط في كل مستوى من مستويات الشجرة. ( )
7. يهدف اللاعب في المستوى (Min) إلى تعظيم النتيجة لمصلحته. ( )

السؤال الثاني: أُوضِّح المقصود بكلٍّ ممّا يأتي:

1. مشكلة البحث في الذكاء الاصطناعي.

.....

.....

2. البحث الاستدلالي في الذكاء الاصطناعي.

.....

.....

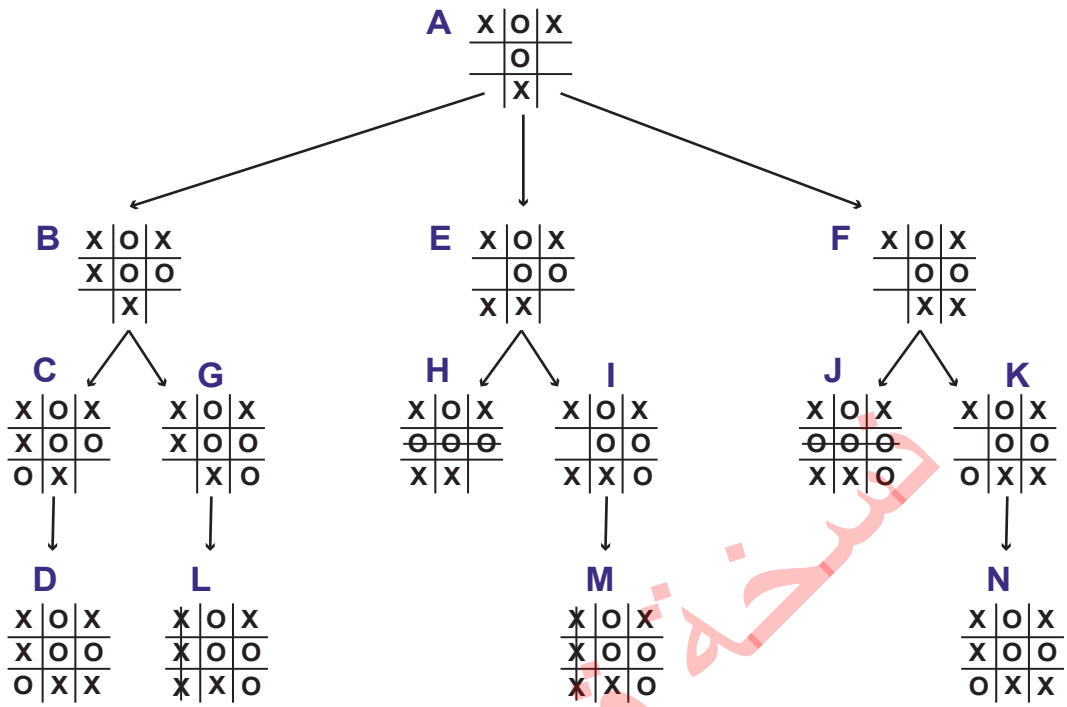
السؤال الثالث: أَحُلُّ المسألة الآتية باستخدام الاقتران الاستدلالي، ثمَّ أرسم حيِّز الحالة لهذه المسألة.

1	2	5
3	4	
6	7	8

	1	2
3	4	5
6	7	8

نسخة قيد الإعداد

السؤال الرابع: أدرس الشكل الآتي، ثمَّ أُجيب عن الأسئلة التي تليه:



1. ما الحالة الأوَّلية (الابتدائية) لشجرة البحث؟
2. ما جذر هذه الشجرة؟
3. أُعدِّد حالات فضاء البحث التي يُمثِّلها هذا الشكل.
4. ما المسار بين النقطة (E) والنقطة (M).
5. أُعدِّد النقاط الميتة في الشكل.
6. أذكر مثالًا على نقطة تُمثِّل علاقة (الأب – الأبناء).
7. أُعدِّد الأبناء للنقطة (H) في الشكل.
8. ما مسار الحَلِّ، علمًا بأنَّ الحالة الهدف تُمثِّل فوز أحد اللاعبيْنِ باستخدام خوارزمية البحث في العمق أوَّلًا؟
9. ما مسار الحَلِّ، علمًا بأنَّ الحالة الهدف تُمثِّل فوز أحد اللاعبيْنِ باستخدام خوارزمية البحث في العرض أوَّلًا؟
10. أيُّ المسارين أقصر لإيجاد الحَلِّ؟

نسخة تجريبية الإعداد

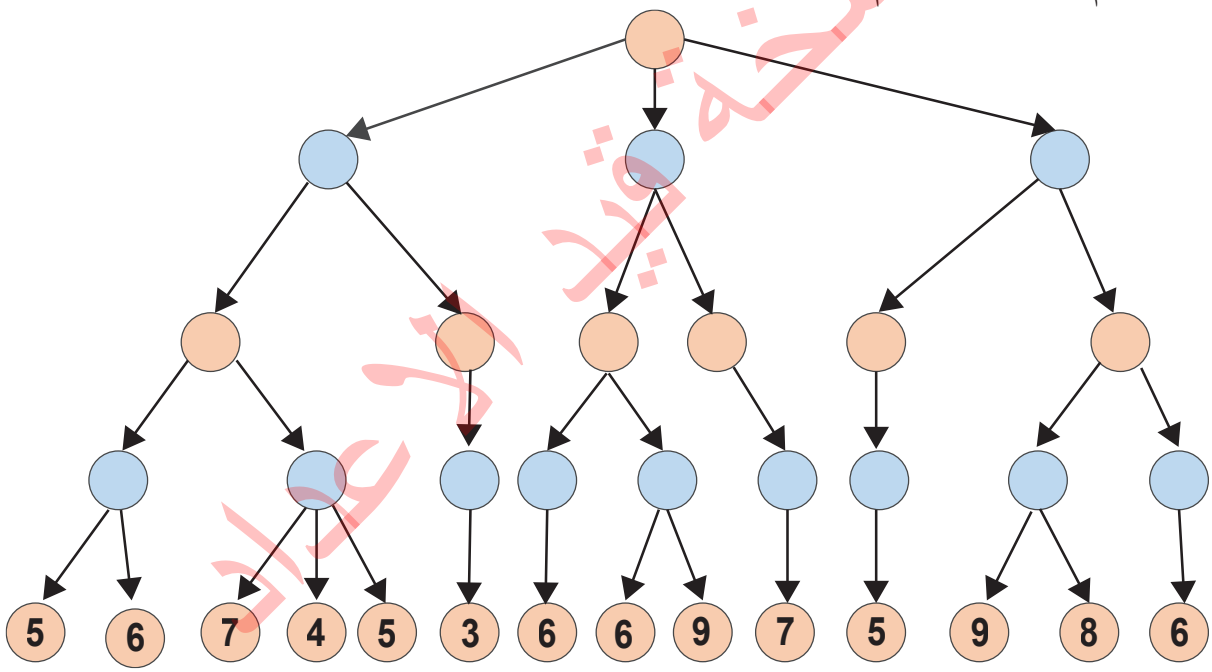
السؤال الخامس: أُعلِّل ما يأتي:

1. يعتمد مقدار البحث الفعلي على دِقَّة الدالَّة الإرشادية.
2. يُطلَق على خوارزميات البحث الاستدلالية اسم خوارزميات البحث الأفضل أوَّلًا.
3. تسمية خوارزمية التقليم ألفا- بيتا (Alpha-Beta Pruning) بهذا الاسم.

السؤال السادس: أُعدِّد مزايا كل نوع من خوارزميات البحث في ما يأتي:

1. البحث بالشبكة العصبية.
2. البحث الجشع.

السؤال السابع: أتتبَّع خوارزمية (MINIMAX) في الشكل الآتي، ثمَّ أُحدِّد الأجزاء التي ستُقلَّم باستخدام خوارزمية التقليم ألفا- بيتا (Alpha-Beta Pruning).



نسخة تجريبية

تقويم ذاتي (Self–Checklist)

بعد دراستي هذه الوحدة، اقرأ الفقرات الواردة في الجدول الآتي، ثمَّ أضع إشارة (✔) في العمود المناسب:

مُؤشِّرات الأداء	نعم	لا	لستُ مُتأكِّدًا
أُعرِّف طريقة بناء شجرة البحث.			
أُعرِّف مفهوم حيِّز الحالة، وأُعدِّد عناصره، وأذكر استخداماته.			
أُبيِّن كيفية بناء أشجار الألعاب.			
أبني أشجار بحث ومُخطَّطات لمسائل ذكاء اصطناعي.			
أستخدم طرائق البحث العمياء في حيِّز الحالة.			
أستخدم طريقة البحث الاستدلالية في حيِّز الحالة.			
أبني اقترانًا تقييميًّا استدلاليًّا لمسائل مختلفة.			
أُبيِّن كيفية استخدام الاقترانات التقييمية.			
أُطبِّق خوارزمية (MINIMAX) على ألعاب الذكاء الاصطناعي.			

تعليمات للمراجعة والتحسين:

إذا اخترْتُ (لا) أو (لستُ مُتأكِّدًا) لأيٍّ من الفقرات السابقة، فأتَّبِع الخطوات الآتية لتجنُّب ذلك:

- أُراجِع المادة الدراسية؛ بأنْ أُعيد قراءة المحتوى المُتعلِّق بالمعيار.
- أطلب المساعدة؛ بأنْ أُناقِش مُعلِّمي/ مُعلِّمتي أو زملائي/ زميلاتي في ما تعذَّر عليَّ فهمه.
- أستخدم مراجع إضافية؛ بأنْ أبحث عن مراجع أُخرى مثل الكتب، أو أستعين بالمواقع الإلكترونية الموثوقة التي تُقدِّم شرحًا وافيًا للموضوعات التي أَجِد صعوبة في فهمها.

نسخة قيد الاعداد

تأمُّلاتٌ ذاتيةٌ

عزيزي الطالبَ/ عزيزتي الطالبةَ:
التأمُّلاتُ الذاتيةُ هيَ فرصةٌ لتقييمِ عمليةِ التعلُّمِ، وفهمِ التحدِّياتِ، وتطويرِ استراتيجياتٍ لتحسينِ عمليةِ التعلُّمِ مستقبلًا. أملأُ الفَراغَ في ما يأتي بالأفكارِ والتأمُّلاتِ الشخصيةِ التي يُمكِنُ بها تحقيقُ أفضلِ استفادةٍ منَ التجربةِ التعليميةِ:

تعلَّمْتُ في هذهِ الوحدةِ:

يُمكِنُني أنْ أُطبِّقَ ما تعلَّمْتُهُ في:

الصعوباتُ التي واجهْتُها في أثناءِ عمليةِ التعلُّمِ:

ذلَّلْتُ هذهِ الصعوباتِ عنْ طريقِ:

يُمكِنُني مستقبلًا تحسينُ:

نسخة قيد الإعداد

تمَّ بحمد الله تعالى

نسخة قيد الإعداد