

٢٠١٩

مكتف التحدي

الوحدة الثانية

الذكاء الاصطناعي

إعداد المعلم : سامر جديع

الدرس الأول – الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته

◆ المنهجيات الأربعة التي يقوم عليها موضوع الذكاء الاصطناعي:

- (١) التفكير كالإنسان.
- (٢) التفكير منطقياً.
- (٣) التصرف كالإنسان.
- (٤) التصرف منطقياً.

◆ مفهوم الذكاء الاصطناعي "شتوية ٢٠١٨":

علم من علوم الحاسوب يختص بتصميم وتمثيل وبرمجة نماذج حاسوبية في مجالات الحياة المختلفة تحاكي في عملها طريقة تفكير الإنسان وردود أفعاله في مواقف معينة.

◆ مبدأ اختبار تورينغ:

يقوم هذا الاختبار بتوجيه مجموعة من الأسئلة الكتابية إلى برنامج حاسوبي مدة زمنية محددة عن طريق مجموعة من الأشخاص المحكمين. فإذا لم يستطع ٣٠٪ من المحكمين تمييز أن من يقوم بالإجابة (إنسان أم برنامج). فإن البرنامج يكون قد نجح في الاختبار ويوصف بأنه برنامج ذكي أو أن الحاسوب حاسوب مفكر.

◆ اختبار تورينغ:

كان للعالم آلان تورينغ بصمة واضحة في علم الذكاء الاصطناعي. حيث صمم اختباراً يدعى اختبار تورينغ. "اختبار ذكاء الآلة" أول برنامج حاسوبي للذكاء الاصطناعي نجح في اختبار تورينغ لأول مرة يدعى (يوجين غوستمان) عام ٢٠١٤. حيث استطاع أن يخدع ٣٣٪ من محاوريه مدة خمس دقائق ولم يميزوا أنه برنامج بل ظنوا أنه إنسان.

◆ أهداف الذكاء الاصطناعي:

- (١) إنشاء أنظمة خبيرة تظهر تصرفاً ذكياً، قادرة على التعلم والإدارة وتقديم النصيحة لمستخدميها.
- (٢) تطبيق الذكاء الإنساني في الآلة، عن طريق أنظمة تحاكي تفكير وتعلم وتصرف الإنسان.
- (٣) برمجة الآلات لتصبح قادرة على معالجة المعلومات بشكل متواز، حيث يتم تنفيذ أكثر من أمر في وقت واحد.

◆ مميزات برامج للذكاء الاصطناعي:

- (١) تمثيل المعرفة: تنظيمها وترميزها وتخزينها إلى ما هو موجود في الذاكرة. يتطلب بناء برامج الذكاء الاصطناعي كميات هائلة من المعارف الخاصة بمجال معين والربط بين المعارف المتوافرة والنتائج.

(٢) التمثيل الرمزي:

تتعامل برامج الذكاء الاصطناعي مع البيانات الرمزية (الأرقام والحروف والرموز) التي تعبر عن المعلومات بدلاً من البيانات الرقمية الممثلة بالنظام الثنائي عن طريق عمليات المقارنة المنطقية والتحليل.

(٣) القدرة على التعلم (تعلم الآلة): القدرة على التعلم آلياً عن طريق الخبرة المخزنة داخله؛

مثل: (١) قدرته على إيجاد نمط معين عن طريق عدد من المدخلات.

(٢) تصنيف عنصر إلى فئة معينة بعد تعرفه عدداً من العناصر المتشابهة.

(٤) التخطيط: وضع أهداف والعمل على تحقيقها والقدرة على تغيير الخطة إذا اقتضت الحاجة.

(٥) التعامل مع البيانات غير المكتملة أو غير المؤكدة:

القدرة على إعطاء حلول مقبولة حتى لو كانت المعلومات لديها غير مكتملة أو غير مؤكدة.

◆ لغات الذكاء الاصطناعي:

- (١) لغة البرمجة لسب.
- (٢) لغة البرمجة برولوج.

◆ تطبيقات الذكاء الاصطناعي:

- (١) الروبوت الذكي.
- (٢) الأنظمة الخبيرة.
- (٣) الشبكات العصبية.
- (٤) معالجة اللغات الطبيعية.
- (٥) أنظمة تمييز الأصوات.
- (٦) الأنظمة البصرية.
- (٧) أنظمة تمييز خط اليد.
- (٨) أنظمة الألعاب.

الدرس الثاني - علم الروبوت

❖ مفهوم علم الروبوت:

العلم الذي يهتم بتصميم وبناء وبرمجة الروبوتات لتتفاعل مع البيئة المحيطة
أكثر تطبيقات الذكاء الاصطناعي تقدماً من حيث التطبيقات التي تقدم
حلولاً للمشكلات.

❖ أصل الكلمة روبوت (Robot)

اشتقت من الكلمة التشيكية (روبوتا) وتعني (العمل الإجباري).
لم يكن لعلم الحاسوب أي علاقة بإيجاد هذه الكلمة.
فضل إيجادها يعود إلى الأدب في خيال العلماء وأفلام الخيال العلمي.

❖ تاريخ نشأة علم الروبوت:

شتوية ٢٠١٨

المرحلة الأولى: القرنين الثاني والثالث عشر للميلاد:

قام العالم المسلم (الخزري) بتصميم ساعات مائية وآلة غسل اليدين
تقدم الصابون والمناشف آلياً.

المرحلة الثانية: القرن التاسع عشر:

ابتكار (ألعاب كاراكوري) في اليابان.
وهي دمية قادرة على تقديم الشاي وإطلاق الأسهم أو الطلاء.

المرحلة الثالثة: خمسينيات وستينات القرن الماضي:

ظهور مصلح الذكاء الاصطناعي، صمم أول ذراع روبوت في الصناعة
وتصميم أول نظام خبير حل مشكلات رياضية صعبة.

المرحلة الرابعة: منذ العام ٢٠٠٠:

ظهور الجيل الجديد من الروبوتات (الإنسان الآلي) واستخدامه في الفضاء.

❖ ما المقصود بالروبوت:

آلة (إلكترو - ميكانيكية) تبرمج بواسطة برامج حاسوبية خاصة
للقيام بالعديد من الأعمال الخطرة والشاقة والدقيقة.

❖ صفات آلة الروبوت:

ثلاث صفات

(١) الاستشعار: يمثل المدخلات.

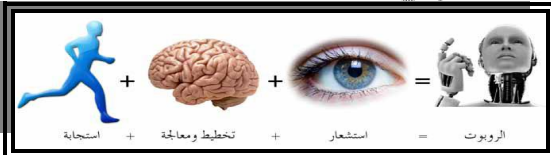
كاستشعار الحرارة أو الضوء أو الأجسام المحيطة.

(٢) التخطيط والمعالجة:

التخطيط للتوجه إلى هدف معين، تغيير اتجاه حركته،
الدوران بشكل معين أو أي فعل آخر مخزن مبرمج.

(٣) الاستجابة وردة الفعل:

تمثل ردة الفعل على ما تم أخذه كمدخلات.



صفات آلة الروبوت

أ. الاستجابة وردة الفعل. ب. تخطيط ومعالجة. ج. استشعار.

صنّف الآتي إلى إحدى صفات الروبوت:

(استشعار، تخطيط ومعالجة، استجابة)

أ - تغيير الروبوت لمساره بسبب وجود عائق. (استجابة)

ب - دوران الروبوت ٤٥ درجة لليمين لأنه مبرمج على ذلك.

ج - التقاط ضوء يدل على وجود جسم قريب من الروبوت.

أكثر أنواع الروبوتات استخداماً وانتشاراً في مجال الصناعة وأبسطها
من ناحية التصميم هو روبوت بسيط على شكل ذراع.

تصمم آلة الروبوت بأشكال وأحجام مختلفة حسب المهمة التي
ستؤديها كقتل المنتجات أو لحامها أو طلاؤها أو غير ذلك.

مكونات (أجزاء الروبوت)

(١) ذراع ميكانيكية:

تشبه ذراع الإنسان وتحتوي على مفاصل صناعية. لتسهيل حركتها عند تنفيذ الأوامر الصادرة إليها حسب الغرض المصمم الروبوت من أجله.

(٢) المستجيب النهائي:

الجزء النهائي من الروبوت الذي ينفذ المهمة التي يصدرها الروبوت. يعتمد تصميمه على طبيعة المهمة التي ينفذها: فقد يكون يداً أو مخاخاً أو مطرقة أو أداة لخيطة الجروح.

(٣) المتحكم: وهو دماغ الروبوت.

يستقبل البيانات من البيئة المحيطة ثم يعالجها عن طريق التعليمات البرمجية المخزنة داخله، ويعطي الأوامر اللازمة للاستجابة لها.

(٤) المشغل الميكانيكي: وهو عضلات الروبوت.

الجزء المسئول عن حركة الروبوت حيث يحول أوامر المتحكم إلى حركة فيزيائية.

(٥) الحساسات:

تشبه في وظيفتها الحواس الخمسة في الإنسان. تعد صلة الوصل بين الروبوت والبيئة المحيطة.

أنواع الحساسات

حساس الضوء



استشعار الضوء المنعكس من الأجسام المختلفة والتمييز بين ألوانها.

حساس المسافة



استشعار المسافة بين الروبوت والأجسام المادية.

حساس اللمس



استشعار التماس بين الروبوت وأي جسم مادي خارجي كالجدار.

حساس الصوت



استشعار شدة الأصوات المحيطة وتحويلها إلى نبضات كهربائية.

تصنيف الروبوتات حسب معيارين

أ. حسب الاستخدام والخدمات التي تقدمها:

- (١) **الروبوت الصناعي:** (٢) أعمال الصب وسكب المعادن حيث تتطلب هذه العمليات التعرض لدرجة حرارة عالية جداً. (٣) عمليات تجميع القطع وتثبيتها في أماكنها.
- (٢) **الروبوت الطبي:** (١) إجراء العمليات الجراحية المعقدة مثل جراحة الدماغ وعمليات القلب المفتوح. (٢) مساعدة ذوي الاحتياجات الخاصة كذراع الروبوت التي تستطيع استشعار النبضات العصبية الدماغية.
- (٢) **الروبوت التعليمي:** صممت روبوتات لتحفيز الطلبة وجذب انتباههم إلى التعليم بأشكال مختلفة وعلى هيئة إنسان.
- (٤) **الروبوت في الفضاء:** (١) استخدم في المركبات الفضائية. (٢) دراسة سطح المريخ.
- (٥) **الروبوت في المجال الأمني:** (١) مكافحة الحرائق وإبطال مفعول القنابل والألغام. (٢) نقل المواد السامة والمشعة.

ب. حسب مجال حركتها وإمكانية تنقلها:

- (١) **الروبوت الثابت:** يستطيع العمل ضمن مساحة محدودة. بعضها يتم تثبيت قاعدته على أرضية ثابتة وتقوم ذراع الروبوت بأداء المهمة المطلوبة بنقل عناصر أو حملها أو ترتيبها بطريقة معينة.
- (٢) **الروبوت المتنقل:** تسمح برمجة الروبوت المتنقل (الجوالات) بالتحرك والتنقل ضمن مساحات متنوعة لأداء مهامه. لذا تجده يملك جزءاً يساعده على الحركة.
- أنواع الروبوتات الجوالات:**

١ - الروبوت ذو العجلات.	٢ - الروبوت ذو الأرجل.
٣ - الروبوت السباح.	٤ - الروبوت على هيئة إنسان / الرجل الآلي.

فوائد الروبوت الصناعي

- (١) يقوم بالأعمال التي تتطلب تكراراً مدة طويلة من دون تعب لذا يؤدي إلى زيادة الإنتاجية.
- (٢) يستطيع القيام بالأعمال التي تتطلب تجميع وتركيب القطع في مكانها بدقة عالية لذا يزيد من إتقان العمل.
- (٣) يقلل استخدام الروبوت من المشكلات التي تتعرض لها المصانع مع العمال؛ كالإجازات والتأخير والتعب.
- (٤) إمكانية التعديل على البرنامج المصمم للروبوت لزيادة المرونة في التصنيع حسب المتطلبات التي تقتضيها العملية.
- (٥) يستطيع العمل تحت الضغط وفي ظروف غير ملائمة لصحة الإنسان.

محددات الروبوت الصناعي

- ١- زيادة البطالة وتقليل فرص العمل؛ يتم الاستغناء عن الموظفين في المصانع واستبدالهم بالروبوت الصناعي.
- ٢- لا يستطيع الروبوت القيام بالأعمال التي تتطلب حساً فنياً أو ذوقاً في التصميم أو إبداعاً.
- ٣- تعد غير مناسبة في المصانع المتوسطة والصغيرة؛ لأن تكلفة تشغيل الروبوت في المصانع عالية.
- ٤- سيكلف استخدامها الشركات الصناعية مالاً ووقتاً حيث يحتاج الموظفون إلى برامج تدريبية للتعامل معها وتشغيلها.
- ٥- مساحة المصانع التي ستستخدم الروبوتات يجب أن تكون كبيرة جداً لتجنب التصادمات والحوادث في أثناء حركتها.

الدرس الثالث – النظم الخبيرة

مفهوم النظام الخبير:

برنامج حاسوبي ذكي يستخدم مجموعة من قواعد المعرفة في مجال معين؛ لحل المشكلات التي تحتاج إلى الخبرة البشرية.

♦ من هو العالم الذي أظهر مفهوم النظم الخبيرة لأول مرة. ظهر مفهوم النظم الخبيرة العالم (إدوارد فيغنوم). أوضح بأن العالم ينتقل من معالجة البيانات إلى معالجة المعرفة.

مفهوم المعرفة:

هي حصيلة المعلومات والخبرة البشرية التي تجمع في عقول الأفراد عن طريق الخبرة

يتميز النظام الخبير عن البرنامج العادي:

بقدرته على التعلم واكتساب الخبرات الجديدة.

النظم الخبيرة مرتبطة بمجال معين؛ فإذا صممت لحل مشكلة معينة فلا يمكن تطبيقها أو تغييرها لحل مشكلة أخرى.

أنواع (فئات) المشكلات التي تحتاج النظم الخبيرة	أمثلة عملية على برامج النظم الخبيرة ومجال استخدامها:	
	النظام الخبير	المجال
(١) التفسير: تفسير بيانات الصور الإشعاعية.	ديندرال	تحديد مكونات المركبات الكيميائية.
(٢) التشخيص: التشخيص الطبي لأمراض الإنسان.	باف	تشخيص أمراض الجهاز التنفسي
(٣) التخطيط: التخطيط لمسار الرحلات الجوية.	بروسبكتر	تحديد مواقع الحفر للتنقيب عن النفط والمعادن.
(٤) التصميم: نصائح عند تصميم مكونات أنظمة الحاسوب	ديزاين أدفايزر	يقدم نصائح لتصميم رقائق المعالج.
(٥) التنبؤ: التنبؤ بالطقس وأسعار الأسهم.	ليثيان	يعطي نصائح لعلماء الآثار لفحص الأدوات الحجرية

مكونات النظام الخبير

(١) قاعدة المعرفة:

قاعدة بيانات تحتوي على مجموعة من الحقائق والمبادئ والخبرات بمجال معرفة معين وتستخدم من قبل الخبراء لحل المشكلات.

الفرق بين قاعدة البيانات وقاعدة المعرفة:

قاعدة البيانات تتكون من مجموعة من البيانات والمعلومات المترابطة في ما بينها؛ بينما قاعدة المعرفة تبنى بالاعتماد على الخبرة البشرية بالإضافة إلى المعلومات والبيانات.

تتميز قاعدة المعرفة بالرونة؛ حيث يمكن الإضافة عليها أو الحذف منها أو التعديل عليها من دون التأثير في المكونات الأخرى للنظام الخبير.

(٢) محرك الاستدلال:

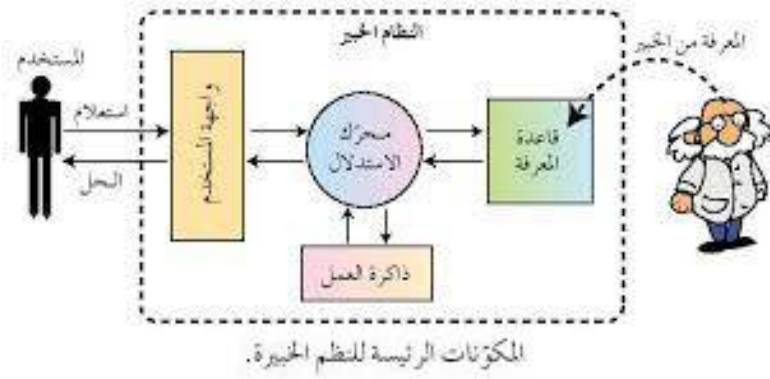
برنامج حاسوبي يقوم بالبحث في قاعدة المعرفة لحل مسألة أو مشكلة، عن طريق آلية استنتاج تحاكي آلية عمل الخبير عند الاستشارة في مسألة ما لإيجاد الحل واختيار النصيحة المناسبة.

(٣) ذاكرة العمل: جزء من الذاكرة مخصص لتخزين المشكلة المدخلة بواسطة النظام المطلوب إيجاد حل لها.

(٤) واجهة المستخدم: وسيلة تفاعل بين المستخدم والنظام الخبير، تسمح بإدخال المشكلة والمعلومات إلى النظام وإظهار النتيجة.

يتطلب تصميم واجهة المستخدم الاهتمام باحتياجات المستخدم، ومن هذه الاحتياجات:

- (١) سهولة الاستخدام.
- (٢) عدم الملل أو التعب من عملية إدخال المعلومات والإجابات.



<p>مزايا (فوائد) النظم الخبيرة:</p>	<p>(١) النظام الخبير غير معرض للنسيان ؛ لأنه يوثق قراراته بشكل دائم. (٢) المساعدة على تدريب المختصين ذوي الخبرة المنخفضة ؛ يعود الفضل إلى وسائل التفسير وقواعد المعرفة التي تخدم بوصفها وسائل للتعليم. (٣) توفر النظم الخبيرة مستوى عالياً من الخبرات عن طريق تجميع خبرة أكثر من شخص في نظام واحد. (٤) نشر الخبرة النادرة إلى أماكن بعيدة للاستفادة منها في أماكن متفرقة في العالم. (٥) القدرة على العمل بمعلومات غير كاملة أو مؤكدة.</p>
<p>محددات النظم الخبيرة</p>	<p>(١) عدم قدرة النظام الخبير على الإدراك والتحديث بالمقارنة مع الإنسان الخبير. (٢) عدم قدرة النظام الخبير على التجاوب مع المواقف غير الاعتيادية أو المشكلات خارج نطاق التخصص. (٣) صعوبة جمع الخبرة والمعرفة اللازمة لبناء قاعدة المعرفة من الخبراء.</p>
<p>معلومات هامة</p>	<p>(١) النظم الخبيرة لا يمكن أن تحل محل الخبير نهائياً. هذه النظم تعمل جيداً فقط ضمن موضوع محدد وكلما اتسع نطاق المجال ضعفت قدرته الاستنتاجية. (٢) لا نستطيع أن نطلق على برنامج يقوم بحل معادلة تربيعية أنه من ضمن برامج الذكاء الاصطناعي. لأنه يتبع خوارزمية محددة الخطوات للوصول إلى الحل.</p>

الفصل الثاني : خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي

مفهوم خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي :

سلسلة من الخطوات غير المعروفة مسبقاً للعثور على الحل الذي يطابق مجموعة من المعايير من بين مجموعة من الحلول المحتملة.

مبدأ عمل خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي :

أخذ المشكلة على أنها مدخلات ثم القيام بسلسلة من العمليات والتوقف عند الوصول إلى الهدف.

صفات المشكلات التي وجدت لحلها خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي :

- (١) لا يوجد للحل طريقة تحليلية واضحة ؛ أو أن الحل مستحيل بالطرائق العادية.
- (٢) يحتاج الحل إلى عمليات حسابية كثيرة ومتنوعة لإيجاده (مثل : الألعاب ، التشفير ، وغيرها).
- (٣) يحتاج الحل إلى حدس عالي (مثل الشطرنج).

مفهوم شجرة البحث :

هي الطريقة المستخدمة للتعبير عن المسألة (المشكلة) لتسهيل عملية البحث عن الحلول الممكنة من خلال خوارزميات البحث.

المفاهيم الأساسية في شجرة البحث :

- (١) مجموعة من النقاط (العقد) : النقاط التي تنظم بشكل هرمي (مستويات مختلفة).
- فضاء البحث : الحالات الممكنة جميعها لحل المشكلة.
- حالات فضاء البحث : جميع النقاط الموجودة في الشجرة.
- (٢) جذر الشجرة (الحالة الابتدائية للمشكلة) : النقطة الموجودة أعلى الشجرة ؛ نقطة البداية في عملية البحث.
- (٣) الأب : النقطة التي تتفرع منها نقاط أخرى ، والنقاط المتفرعة منها تسمى الأبناء.
- (٤) النقطة الميتة : النقطة التي ليس لها أبناء.
- (٥) المسار : مجموعة من النقاط المتتالية في شجرة البحث ؛ قد يكون هناك أكثر من مسار للحل ولكن المسار الأفضل للحل هو أقصر مسار.
- (٦) النقطة الهدف أو الحالة الهدف : الهدف المطلوب الوصول إليه أو الحالة النهائية للمشكلة.

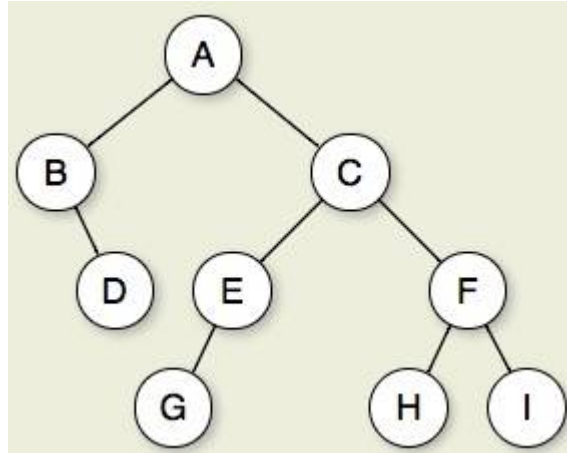
خصائص خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي :

لا تمتلك خوارزميات البحث أي معلومات مسبقة عن المسألة التي ستقوم بحلها. وتستخدم إستراتيجية ثابتة للحل حيث تفحص كل حالات الفضاء الواحدة تلو الأخرى لمعرفة إذا كانت مطابقة أم غير مطابقة للهدف المطلوب. الشيء الوحيد الذي يمكن لهذه الخوارزميات القيام به هو التمييز بين حالة غير الهدف من حالة الهدف.

أنواع خوارزميات البحث في الذكاء الاصطناعي :

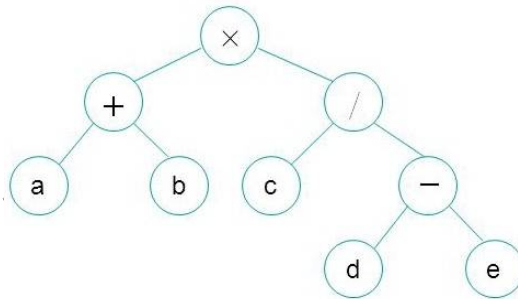
- (١) خوارزمية البحث في العمق أولاً (البحث الراسي).
- المطلوب في المنهاج البحث باستخدام هذه الخوارزمية فقط.
- (٢) خوارزمية البحث في العرض أولاً (البحث الأفقي) : فحص جميع النقاط في مستوى واحد ثم الانتقال إلى النقاط بالمستويات التالية.
- (٣) الخوارزمية الحدسية : تعمل على حساب معامل حدسي (بعد النقطة الحالية عن النقطة الهدف).

السؤال الأول: ادرس الشكل الآتي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



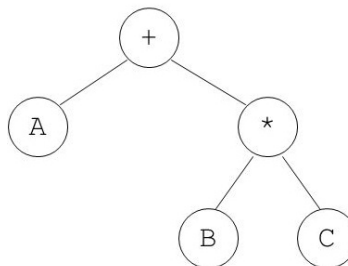
- (١) كم عدد حالات فضاء البحث؟
 (٢) كم عدد مستويات شجرة البحث؟
 (٣) ما النقطة التي تمثل جذر الشجرة؟
 (٤) ما النقطة التي تمثل الحالة الابتدائية للمشكلة؟
 (٥) أذكر مثال على نقاط تحتوي علاقة (الأب - الابن)؟
 (٦) أذكر النقاط الميتة الموجودة في الشجرة؟
 (٧) أذكر المسار بين النقطتين (C) و (H)؟
 (٨) أذكر الأبناء للنقطة (F)؟
 (٩) ما مسار الحل الأفضل للوصول إلى الحالة الهدف وهي النقطة (I)؟
 (١٠) اكتب مسار البحث/الحل عن الحالة الهدف ؛ باستخدام خوارزمية البحث في العمق أولاً ؛ علماً بأن الحالة الهدف هي النقطة (G)؟
 هل هو المسار الأفضل للحل؟ فسّر إجابتك؟

السؤال الثاني: ادرس الشكل الآتي والذي يمثل شجرة البحث، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



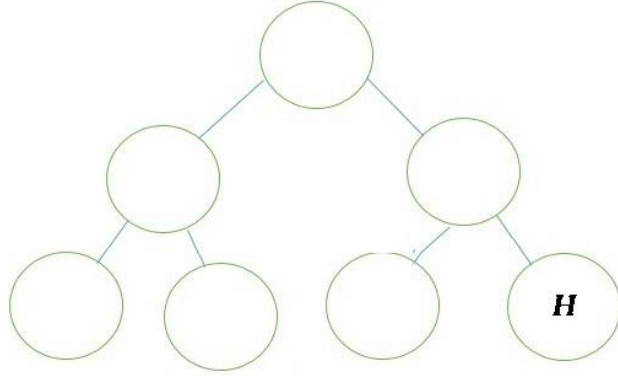
- (١) ما عدد حالات فضاء البحث؟
 (٢) ما هو المسار الأفضل للوصول إلى الحالة الهدف النقطة (d)؟
 (٣) ما النقطة التي تمثل جذر الشجرة؟
 (٤) ما عدد النقاط الميتة؟
 (٥) اكتب مسار البحث/الحل عن الحالة الهدف ؛ باستخدام خوارزمية البحث في العمق أولاً ؛ علماً بأن الحالة الهدف هي النقطة (c)؟

السؤال الثالث: ادرس الشكل الآتي والذي يمثل شجرة البحث، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



- (١) اكتب مسار البحث/الحل عن الحالة الهدف ؛ باستخدام خوارزمية البحث في العمق أولاً ؛ علماً بأن الحالة الهدف هي النقطة (C)؟
 (٢) ما الحالة الابتدائية للمشكلة؟

السؤال الرابع: ادرس الشكل الآتي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :



إذا علمت أن مسار البحث عن النقطة الهدف حسب خوارزمية البحث في العمق أولاً هو **A-B-D-E-C-F**

(١) أكمل الشجرة الموجودة أعلاه وانقلها على دفتر إجابتك؟

(٣) ما الحالة النهائية للمشكلة ؟

(٢) ما هي النقطة التي تمثل جذر الشجرة؟

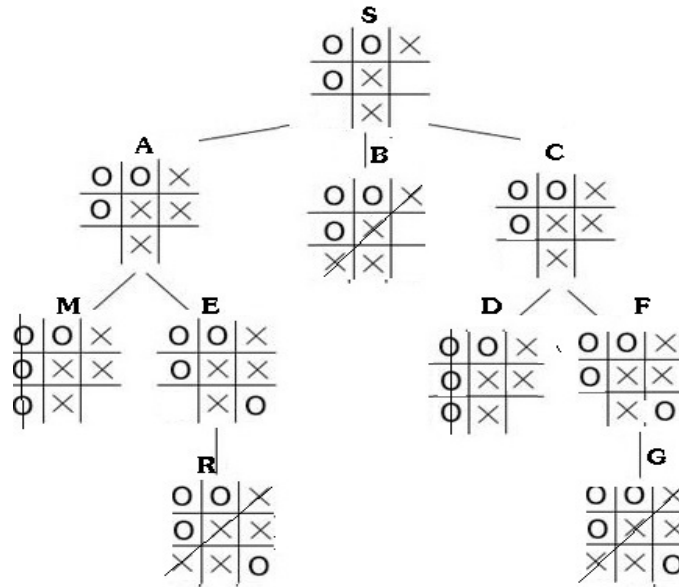
(٥) أذكر مثالين على علاقة (الأب - الابن)؟

(٤) كم عدد النقاط الميتة في الشجرة؟ أذكرها؟

السؤال الخامس: ادرس الشكل الآتي ، ثم أجب عن الأسئلة التي تليه :

علماً بأن هذا الشكل يمثل جزء من شجرة بحث للعبة (X O) بين لاعبين ، ويقوم اللاعبان باللعب بالتناوب ؛ حيث يقوم

اللاعب الأول (الحاسوب) بوضع الحرف (X) ، واللاعب الثاني (المستخدم) بوضع الحرف (O).



(١) ما جذر الشجرة ؟

(٢) كم عدد حالات فضاء البحث؟ أذكرها.

(٣) كم عدد النقاط الميتة؟

(٤) عدد الأبناء للنقطة (S)؟

(٥) ما الحالة الهدف في هذه الشجرة؟ لماذا؟

(٦) ما مسار البحث عن الحالة الهدف باستخدام خوارزمية البحث في العمق أولاً ؛ علماً بأن الهدف هو فوز اللاعب (X)؟

(٧) هل يوجد مسار آخر للحل؟ ما هو؟ هل يمكن الوصول إليه باستخدام خوارزمية البحث في العمق أولاً؟