الذكاء الإصطناعي
والنُظُم الخبيرة

أ.د. محمد ابوالقاسم علي الرتيمي

2012

اسم الكِتاب: الذكاء الإصطناعي والنُظُم الخبيرة

اسم المؤلف: أ.د. محمد ابوالقاسم علي الرتيمي

الطبعة الأولى: 2012

جميع الحقوق محفوظة

عدد الصفحات: 260

يُمكن مراسلة المؤلف على العنوان التالي:arteimi@yahoo.com

أو عن طريق الموقع الإلكتروني: www.arteimi.info

الناشر: .....

هاتف:.....

بريد مصور:..... .....

بسم الله الرحمن الرحيم

" قَالُواْ سُبْحَانَكَ لاَ عِلْمَ لَنَا إِلاَّ مَا عَلَّمْتَنَا إِنَّكَ أَنتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ "

صدق اللهُ العظيم

سورة البقرة- الآية 32

قال رسُولُ الله صلّى اللهُ عليه و سلّم

" إذا مات الإنسان إنقطع عملهُ إلاّ من ثلاث: صدقة جارية أو علم يُنتفع به أو ولد صالح يدعو لهُ "

الإهداء

إلى رُوحِ نبيّنا مُحمّد صلّى اللهُ عليه وسلّم

إلى والدي رحِمهُ الله وأسكنهُ فسيح جنّاته

إلى والدتي العزيزة حفِظها الله

إلى زوجتي وأبنائي وبناتي

إلى كل من أحبّ الوطن وعشق العروبة

أُهدي ثواب هذا المجهود المتواضع

مُحتويات الكِتاب

الموضوع	الصفحة
الإهداء	3
مُقدّمة الكِتاب	8
الفصل الأول: الذكاء الإصطناعي	1
1.1 مُقدّمة	2
2.1 تعريف الذكاء الإصطناعي	3
3.1 اختبار تورنج	3
4.1 التفكير كالإنسان	5
5.1 أهمية الذكاء الإصطناعي	5
6.1 تاريخ الذكاء الإصطناعي	6
7.1 حماس وتوقُّعات	7
8.1 جُرعة من الحقيقة	8
9.1 بروز الوكلاء الذكية	9
10.1 الوضع الحالي	9
11.1 مجالات الذكاء الإصطناعي	11
تمارين	15
الفصل الثاني: برامج الوكيل	16
1.2 مُقدّمة	17
2.2 بنية الوكيل	18
3.2 خصائص الوكيل	19
4.2 تصرّف الوكيل	21
5.2 التنظيم من مُدركات إلى تصرّفات	22
6.2 تصميم الوكيل الذكي	23
7.2 برامج الوكيل	24
8.2 البيئة	33
9.2 تطبيقات الوكيل	35
10.2لغات بناء الوكيل	36
تمارين	39

الموضوع	الصفحة
الفصل الثالث: استراتيجيات البحث	40
1.3 مُقدّمة	41
2.3 وكيل حل المسألة	42
3.3 صياغة المسألة	42
4.3 أنواع المسائل	47
5.3 تصميم برامج الوكيل	53
6.3 هياكل بيانات البحث	53
7.3 استراتيجيات البحث	55
8.3 تجنّب تِكرار الأوضاع	64
9.3 مقاييس الأداء	65
تمارين	66
الفصل الرابع: طرق البحث الثقيفة	67
1.4 مُقدّمة	68
2.4 بحث الأحسن أولا	68
3.4 البحث الشرِه	69
4.4 بحث آي ستار	72
5.4 الدوال الإرشادية	78
6.4 تأثير الدالة الإرشادية على أداء الوكيل	79
7.4 إبتكار الدوال الإرشادية	79
8.4 مسائل إيفاء الشرط	81
9.4 بحث محدود الذاكرة	82
10.4 خوارزميات التحسين المتكرر	87
11.4 إختزال المسألة	92
تمارين	95

الموضوع	الصفحة
الفصل الخامس: البحث المُعاكس	96
1.5 مُقدّمة	97
2.5 القرارات المثالية	97
3.5 القرارات غير المثالية	101
4.5 تحسينات مُهمّة	105
5.5 مُباريات تتضمّن عُنصر الحظ	107
6.5 تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الالعاب التقليدية	107
تمارين	114
الفصل السادس: تمثيل المعرفة	115
1.6 مُقدّمة	116
2.6 تمثيل المعرفة	116
3.6 خصائص أساليب تمثيل المعرفة	119
4.6 وكيل معتمد المعرفة	119
5.6 بيئة العصابة والقاضي	120
6.6 التمثيل والتفكير والمنطق	123
7.6 التمثيل	127
8.6 دلالات الألفاظ	128
9.6 الإستنتاج	129
10.6 الإستنتاج في الحواسيب	130
تمارين	131

الموضوع	الصفحة
الفصل السابع: المنطق	132
1.7 مُقدّمة	133
2.7 منطق القضايا	134
3.7 وكيل لبيئة العِصابة والقاضي	142
4.7 منطق الرتبة الأولى	146
5.7 التركيب والدلالات	148
6.7 منطق الرتبة الأعلى	157
7.7 أشكال التنويت	158
8.7 استخدام منطق الرتبة الأولى	159
9.7 هندسة المعرفة بمنطق الرتبة الأولى	160
10.7 القصور في منطق الرتبة الأولى	164
تمارين	166
الفصل الثامن: النُظُم الخبيرة	167
1.8 مُقدّمة	168
2.8 الخصائص المُميزة للنظم الخبيرة	170
3.8 مكوّنات النظم المُعتمدة على المعرفة	171
4.8 إكتساب المعرفة	173
5.8 خصائص أدوات بناء النظم الخبيرة	174
6.8 أدوات بناء النظم الخبيرة	174
7.8 تصميم النظم الخبيرة	177
8.8 أمثلة للنظم الخبيرة	192
تمارين	199

الموضوع	الصفحة
الفصل التاسع: تعلّم الآلة	200
1.9 مُقدّمة	201
2.9 التعلُّم الإستظهاري	202
3.9 الإستقراء	202
4.9 نُظُم المناعة الإصطناعية	212
5.9 التعلم بالنصيحة	218
6.9 التعلم المعتمد على الشرح	220
7.9 التعلم عبر الشبكات العصبية	222
تمارين	235
الفصل العاشر: الاستنتاج والمعرفة غير المؤكدة	236
1.10 مُقدّمة	237
2.10 التصرف في ظل الرّيبة	237
3.10 قاعدة بايز واستخدامها	240
4.10 عوامل الثقة	240
5.10 نظرية دمبستر-شفر	242
6.10 المنطق الغائم	248
7.10 نُظُم تعديل المعتقد	251
8.10 الاستنتاج الافتراضي وفرضية البيئة المغلقة	252
9.10 اساليب إستنتاج إرشادية	254
تمارين	256
مُصطلحات	257
المراجع	258

مُقدّمة الكِتاب

الحمدُ لله خالق الخلق ومالك المُلك والسلام على سيّدنا محمد القائد الأمين، أما بعد،

فقد عقدتُ العزم على أن أجمع عددا من المواضيع الهامّة في عِلم الذكاء الإصطناعي والنظُم الخبيرة بعد أن اقتنعت بضرورة وجود كِتاب باللغة العربية يُسهم في تنمية المفاهيم الضرورية في هذا العلم الجامع ويدعم الجهود الرامية لنهضة الأمّة العربيّة في هذا المجال الحديث والمُتجدّد مُبشّرا بالكثير من الخير والهناء، وهو عبارة عن تجميع للمحاضرات التي أُقدّمها لطلاب الجامعات في مقررات علم الذكاء الإصطناعي والنظم الخبيرة في الفصول الدراسية المتقدّمة من الدراسة الجامعية وطُلاّب الدراسات العليا.

ورُغم وفرة الكُتُبِ في هذا المجال بمختلف اللغات العالمية إلاّ أن القارئ العربي لم يتمتّع بسبر أغوار حقيقة هذا العِلم وذلك لقلّة الكتابات العربية من كُتب ومقالات و ورقات بحثية، ويُمكن أن يستفيد من هذا الكتاب طُلاّب الجامعات العربية والباحثين الذين يرغبون في دمج علم الذكاء الإصطناعي مع تخصصات أخرى لإضافة نكهة الذكاء والإستقلالية لتطبيقات الحاسوب في شتّى المجالات، كما يتطلّب فهم فصُول هذا الكتاب الإلمام بإحدى لغات برمجة الحاسوب

قُسّمت محتويات الكتاب إلى عشرة فصول، حيث قدّم الفصل الأول فكرة عامة عن الذكاء الإصطناعي وأهميته في الحياة العملية ومجالات البحث المتنوّعة، وركّز الفصل الثاني على الوكيل الذكي كنظام يُمكنه تقرير ما يجب عمله ثم يُنفّذ الخيار الصحيح، كما يشرح الفصل أنواع الوكيل وبنيته والبيئات الملائمة لكل نوع، وخُصّص الفصل الثالث لمناقشة استراتيجيات البحث الأعمى و قياس كفاءتها ، أما الفصل الرابع فقد تناول دراسة طُرق البحث الثقيفة القادرة على استغلال المعلومات المتوفّرة حول المسألة لإيجاد الحلول المُثلى، وانفرد الفصل الخامس بدراسة برامج ألعاب المُبارزة مثل مينيماكس والفا بيتا لأنها تعكس نوعا آخر من المسائل يتنافس فيها أكثر من طرف لتحقيق أهداف متضادّة، واستعرض الفصل السادس مفاهيم هامّة لتمثيل المعرفة وتنظيمها ومعالجتها. ولأهمية المنطق باعتباره ركيزة أساسية للنظم الذكيّة فقد ركّز الفصل السابع على دراسة منطق القضايا (الجبر البُولي) ومنطق الرتبة الأولى على التوالي، وقدّم الفصل الثامن شرحا للنظم الخبيرة وكيفية بنائها مع أمثلة من النظم الحديثة، وتابع الفصل التاسع تقديم مسألة مُهمّة تتعلق بإضافة خاصية التعلُّم للنظم الخبيرة مُسندة ببعض الأمثلة الواقعية، وخُصّص الفصل الأخير لمناقشة موضوع الريبة المعرفية في صُنع القرار والأساليب المستخدمة كمُحاولات للتقليل من أثرها.

أتمنّى أن يجد القارئ العديد من المعارف المُمتعة في المادة الشيّقة التي يتضمنها هذا الكتاب، وأن يُشكّل هذا الجُهد المتواضع إضافة للمكتبة العربيّة خِدمة لأبناء أمتنا العربيّة المجيدة، ونسأل الله التوفيق .

المؤلف

محمد ابوالقاسم علي الرتيمي

الفصل الأول

الذكاء الإصطناعي

الذكاء الإصطناعي

"هُناك ثلاثة أنواع من الذكاء: الأول يفهم الأشياء من ذاتها والثاني يُقدّر ما يعرفه الآخرون والثالث لا يفهم الأشياء من ذاتها ولا من خلال الآخرين، النوع الأول ممتاز والثاني جيد والثالث لا جدوى منه"

الفيلسوف الايطالي نيقولو مكيافيلي

1.1 مُقدّمة:

يؤكّد الكثير منّا على أن الأنشطة الذهنية للإنسان مثل فهم اللغة الطبيعية أو قيادة سيّارة أو حل مسألة رياضية أو نظم قصيدة شعرية تتطلّب "ذكاء"، ولقد منح الجنس البشري لنفسه الإسم العلمي إنسان (كائن عاقل أو حكيم) لأن قدراتنا العقلية مُهمّة جدا لحياتنا اليومية وإحساسنا بالنفس، و يُحاول علم الذكاء الاصطناعي فهم مكوّنات الذكاء ولربما ان أحد أسباب دراسة هذا المجال هو فهم المزيد عن أنفسنا نحن البشر، ولكن بخلاف مجالات الفلسفة وعلم النفس التي تهتم أيضا بموضوع الذكاء، يعمل الذكاء الإصطناعي على بناء كائنات ذكيّة و كذلك فهمها، و السبب الآخر في دراسة مجال الذكاء الإصطناعي هو أن الكائنات الذكيّة المُصنّعة مُهمّة في حد ذاتها إذ انتج الذكاء الإصطناعي عدة منتجات شيّقة و مدهشة رغم أن هذا المجال مازال في بداية نشأته. رُغم أنه لا أحد يستطيع التنبؤ بالمستقبل بالتفصيل إلا أنّه من الواضح أن الحاسوب بذكاء يُضاهي مستوى الإنسان أو أفضل قد يؤثر تأثيرا كبيرا على حياتنا اليومية وعلى مجرى الحضارة المُقبلة. يُكرّس الذكاء الاصطناعي الجهود تجاه إحدى أكبر المعضلات، وهي كيف يمكن لدماغ صغير و بطيء (سواء كان حيويا أو الكترونيا) أن يلاحظ ويفهم و يتنباء ويعالج ببراعة عالما أكبر حجما وأكثرتعقيدا من الدماغ ذاته ؟ كيف يمكننا بناء شيء بهذه الخصائص؟. هذه أسئلة صعبة ولكن الباحث في هذا المجال له دليل قوي على أن هذا الطلب ممكن وكل ما يجب عليه أن يفعل هو أن ينظر في نفسه وإلى من حوله من بني جنسه ليرى أمثلة على الكائن الذكي.

يُعد مجال الذكاء الإصطناعي أحد المجالات الحديثة فقد ظهرت بوادره عام 1956 م، رغم أن العمل به بداء قبل ذلك بعدة سنوات ، وقد يشعر الطالب أو الباحث في الرياضيات مثلا أن كُل الأفكار الجيّدة قد تم خوضها من قبل الخوارزمي و جاليليو وارشميدس وتشارلز باباج و غيرهم إلاّ أن مجال الذكاء الإصطناعي مازال مفتوحا لعلماء جدد مثل الخوارزمي و ارشميدس و جورج بول، ويضم الذكاء الاصطناعي مجموعة متنوعة من المجالات الفرعية تبدأ من الجوانب متعددة الاستعمالات مثل الإحساس perception ،

والتفكير المنطقي logical reasoning والى المهام الخاصّة مثل لعبة الشطرنج و إثبات النظريات الرياضية وكتابة القصائد وتشخيص الأمراض، وغالبا ما ينتقل العلماء تدريجيا من العلوم الأخرى إلى مجال الذكاء الإصطناعي حيث توجد الأدوات و المُعجميّة و ألذحركة (الأتمتة) لتنظيم و أتمتة المهام الفكرية التي شغلتهم لفترات طويلة من حياتهم، كما أن المشتغلين بمجال الذكاء الإصطناعي يمكنهم تطبيق الأساليب والقوانين في أي جانب من حياة الإنسان الفكرية، لذا يمكننا القول بأن الذكاء الإصطناعي هو في الحقيقة "مجال جامع".

2.1 تعريف الذكاء الإصطناعي

يُحاول العلماء الباحثون في الذكاء الإصطناعي جعل الآلات والأجهزة تعرض سلوكا نُسمّيه "سلوك ذكي" حينما نلاحظه لدى الإنسان، وحيث أن هذه الآلة هي غالبا جهاز حاسوب فإن الذكاء الإصطناعي يُعد أحد فروع علم الحاسوب، هذا ويمكننا تعريف الذكاء الإصطناعي بأنه فرع من علم الحاسوب يهتم بدراسة و صناعة أنظمة حاسوبية تعرض بعض صيغ الذكاء، بمعنى أنظمة تتعلم مفاهيم ومهام جديدة وأنظمة يمكنها أن تفكّر و تستنبط استنتاجات مفيدة حول العالم الذي نعيش فيه، وأنظمة تستوعب اللغات الطبيعية و تلاحظ و تفهم المناظر المرئية، وأنظمة يمكنها إنجاز أعمال تتطلب ذكاء بشريا.

3.1 إختبار تورنج

أحد أهم الأسئلة التي يجب الإجابة عنها في أي مجال هندسي أو عمل بحثي هو "كيف يُمكن ان نعرف فيما إذا حققنا نجاحا أم لا ؟" ، وفي مجال الذكاء الإصطناعي الذي هو ليس باستثناء علينا ان نعرف ان الآلة التي تم تصميمها يمكن وصفها بأنها ذكيّة، وفي هذا الإطار كتب الرياضي الانجليزي الن تورنج Alan Turing ورقة بحثية بعنوان "الآلات الحسّابة والذكاء" عام 1950 حول إمكانية صناعة آلة ذكية، وطرحت الورقة جدلا وأجوبة وتأمل تورنج في التساؤل " هل يُمكن جعل الآلة تفكّر بالفعل ام لا ؟ " واقترح ان يُستبدل السؤال عن الذكاء بإجراء اختبار عملي محدد بوضوح لتقديم تعريف عملي للذكاء، وعرّف تورنج سلوك الذكاء على أنه القدرة على إحراز أداء في مستوى الإنسان في كافة المهام التي تتطلب ادراك (معرفة) تكفي لخداع المستجوب، ويعمل الاختبار والذي أسماه تورنج "لعبة المحاكاة" على وضع كل من الآلة و ندّها الإنسان في غُرف مستقلة و معزولة عن إنسان آخر يسمى المستجوب كما هو موضّح بالشكل 1.1، ولا يمكن للمستجوب رؤية او التحدث مباشرة الى أي منهما، ولا يعلم أي كائن هو الآلة، و يمكنه التواصل معهما فقط من خلال وسيلة لطباعة النصوص مثل جهاز حاسوب، ويُطلب

من المستجوب التمييز فيما اذا كان المُجيب هو حاسوب او إنسان طبيعي اعتمادا فقط على إجابات الاسئلة المطروحة عبر جهاز الحاسوب، وإذا لم يتمكّن المستجوب من تمييز الآلة عن الإنسان ففي هذه الحال يقول تورنج يُمكن افتراض أن الآلة قد تكون ذكيّة، و بفصل الآلة عن الإنسان في غُرف مستقلة نضمن ان يكون المستجوب محايدا، وللمستجوب أن يسأل أسئلة مباشرة أو غير مباشرة في مُحاولة لإبراز هويّة الحاسوب، وتُقدّم برمجة الحاسوب للنجاح في الإختبار الكثير من العمل الواجب القيام به ويحتاج الحاسوب الى امتلاك القدرات التالية :

- معالجة اللغة الطبيعية natural language processing لتمكين الحاسوب من المحادثة الناجحة باللغة الانجليزية أو العربية مثلا.
- تمثيل المعرفة knowledge representation لتخزين المعلومات المقدّمة قبل أو اثناء الاستجواب
- التفكيرالمذحرك automated reasoning لاستخدام المعلومات المُخزّنة للإجابة على اسئلة و أستنباط استنتاجات جديدة
- ادراك (تعلّم) الآلة machine learning للتكيّف مع وضعيات جديدة وأن يكتشف نماذج للبيئة.

لقد تجنّب اختبار تورنج وبشكل مقصود التفاعل الفيزيائي المباشر بين المستجوب والحاسوب ، لأن التشبيه الطبيعي لشخص ليس ضروريا للذكاء ، لكن ما يُسمّى اختبار تورنج الشامل يتضمّن إشارة تلفزيونية حتى يتمكن المستجوب من اختبار القدرات الادراكية للشيء المرئي، وللنجاح في اختبار تورنج الشامل ، سيحتاج الحاسوب الى:

- ♦ رؤية حاسوب لإدراك الأشياء objects
- ♦ تقنيات القِن الآلي Robotics للحركة

لم يُكرّس بمجال الذكاء الإصطناعي مجهود كبير لمحاولة اجتياز اختبار تورنج، ويظهر موضوع التصرُّف كالإنسان عندما تتفاعل برامج الذكاء الإصطناعي مع الناس، فمثلاعندما يشرح نظام خبير كيف توصّل إلى التشخيصات المقترحة ، أو نظام معالجة لغة طبيعية له حوار مع مستخدم حيث يجب أن تتصرف هذه البرامج وفقا لبعض الإصطلاحات المُحددة للتعامل البشري حتى تجعل نفسها مفهومة .

شكل 1.1: اختبار تورنج

4.1 التفكير والإستنتاج

إذا أردنا القول أن برنامجا ما يُفكّر مثل الإنسان فيجب أن يكون لدينا وسيلة مُعيّنة لتحديد كيف يُفكّر الإنسان ، وهناك طريقتين للقيام بذلك : إما من خلال الإستبطان introspection – مُحاولين فحص أفكارنا كلما مرّت - أو من خلال التجارب النفسية . إذا امتلكنا نظرية محددة وكافية عن الدماغ ، يُصبح ممكنا التعبير عن النظرية كبرنامج حاسوب، وإذا كانت مدخلات ومخرجات البرنامج والسلوك الزمني مُطابقة لسلوك الإنسان، فإن هذا دليل على أن بعض آليات البرنامج قد تكون أيضا تعمل في الجنس البشري ، فمثلا، صَمّم كل من نيول و سيمون برنامج GPS " المُحلّل الشامل للمسألة "، ولم يكتفيا بأن يعمل البرنامج على حل مسائل بشكل صحيح فقط بل كانا مُهتمّين أكثر بمُقارنة التّقفّي (التّتبع) لخطوات التفكير مع تتبعات أخرى لكائنات بشرية تحل نفس المسائل، وهذا يُخالف بُحّاث آخرين في نفس الفترة، كانوا مُهتمين بالحصول على إجابات صحيحة بغض النظر عن كيفية إنجازها بواسطة الإنسان.

5.1 أهمية الذكاء الإصطناعي

هل الذكاء الإصطناعي مُهم حقا؟ بكل تأكيد يُعد الذكاء الإصطناعي من أهم الأحداث العلمية في القرن الماضي (القرن العشرين) وأنه بداء يؤثر في حياة الأفراد بمختلف أنحاء العالم (الدول المتطورة والدول النامية) وتُشير الأحداث إلى أن الدول الأكثر تطورا في مجال الذكاء الإصطناعي ستُشكّل القوّة الإقتصادية المُهيمنة في العالم في هذا القرن، أي الدول التي ستتفوق في إنتاج المعرفة، وكلّما ازداد تعقيد العالم المحيط بنا توجّب استغلال المواد الطبيعية المُتاحة والموارد البشرية بشكل أكثر كفاءة لاستغلالها في تطبيقات الحياة اليومية، فمثلا:

1 -يُستخدم القِن الآلي (الروبوت) في الصناعة لأداء الأعمال الخطِرة وتنظيم المهام الروتينية المُملّة في التجميع والفحص والصيانة
2 -تُستخدم الحواسيب الذكيّة لمساعدة الأطباء في التشخيص ومُراقبة حالات المرضى والعلاج
3 -يُستخدم القِن الآلي (الروبوت) في الزراعة لمراقبة المحاصيل وتقليم الأشجار
4 -وفي التعليم يُمكن استخدام الحواسيب الذكيّة لمساعدة التلاميذ في تعلُّم المواد الدراسية مثل الرياضيات و تعلّم اللغة والفيزياء والموسيقى .

6.1 تاريخ الذكاء الإصطناعي

يُعد جون مكارثي John Mc Carthy أحد مؤسسي علم الذكاء الإصطناعي، فبعد انتقاله إلى كلية دارتماوث Dartmouth اصبحت هي مكان ميلاد مجال الذكاء الإصطناعي، فقد أقنع مكارثي كل من مارفين منسكي , Marvin Minsky و كلاود شانون Claud Shannon و ناتانيل روكستر Nataniel Rochester لمساعدته في تجميع بُحّاث أمريكيين من ذوي الإهتمام بمجالات الشبكات العصبية و دراسات الذكاء و نظرية التحكّم، ونجحوا في تنظيم ورشة عمل لمدة شهرين في دارتماوث في صيف 1956، وكان عدد الحاضرين عشرة من ضمنهم برنستون Princton و ترنشارد مور و آرثور ساموبل من شركة آي بي إم IBM وكل من راي سولومونوف وأوتيفر سلفردج من جامعة إم آي تي MIT ، وقد برز في هذا المشهد كل من ألن نيول Allen Newell و هربرت سيمون Herbert Simon من جامعة كارنجي Carnegie رغم ان عددا من الباحثين قدّموا أفكارا و برامج لتطبيقات مثل الشطرنج إلا ان نيول و سيمون كان لديهما برنامج يُفكّر يُدعى مُنظّر المنطق Logic Theorist والذي قال عنه سيمون " لقد اخترعنا برنامج حاسوب قادر على التفكير بشكل غير رقمي " وكان البرنامج قادرا على إثبات نظريات رياضية وقدّم برهانا لإحدى النظريات بشكل مُبسّط ومن محاسن هذه الورشة أن تعرّف الحاضرون على بعضهم البعض مما جعل هؤلاء الأساتذة و طُلاّبهم و رفاقهم من كل من إم آي تي و ستانفورد و آي بي إم يتبوأون المركز الأعلى في هذا المجال، ولكن النتيجة التي استمرت أطول من هذه الورشة هي الإتفاق على تبنّي مُقترح مكارثي بتسمية المجال الجديد " الذكاء الإصطناعي" ليكون مجالا قائما بذاته كونه يتبنّى منهجية لمحاولة بناء آلات تعمل بشكل مستقل في بيئات مُعقّدة و مُتغيّرة.

7.1 حماس و توقّعات

كانت السنوات الأولى للذكاء الإصطناعي مملؤة بالنجاحات في وجود الحواسيب البدائية ووسائل البرمجة في ذلك الوقت ، وقد كانت الدهشة تبدو كُلّما قام الحاسوب بعمل أي شيء يتطلّب ذكاء وخاصة في ظل الحقيقة السائدة آنذاك من أن الحواسيب لا يُمكنها القيام بأكثر من العمليات الحسابية.

لقد أتبعت نجاحات نيول و سيمون الأولى برنامج المُحلّل الشامل للمسألة General Problem Solver، و صُمّم هذا البرنامج منذ البداية لمحاكاة بروتوكولات حل-المسألة لدى الإنسان، و في إطار الفئة المحدودة من الأُحجيات التي يمكنه مداولتها ، فقد ظهر أن الترتيب الذي أعتبر فيه البرنامج الأهداف الجزئية subgoals والتصرُّفات الممكنة كان مشابها للطريقة التي أتّبعها الإنسان في حل نفس المسائل و رُبّما، كان برنامج GPS أول برنامج يضُم أسلوب " التفكير بشكل يُشبه الإنسان " .

وفي مختبرات شركة IBM تم إنتاج بعض برامج الذكاء الإصطناعي الأولى و في عام 1959 قام هربرت جلنترHerbert Gelenter ببناء برنامج مُثبِت النظرية الهندسية Geometry Theorem Prover الذي أثبت نظريات باستخدام بديهيات تم تمثيلها بشكل صريح ، ثم بدأ آرثر ساموبل Arthur Samuel إعتبارا من عام 1952 بكتابة مجموعة من البرامج للعبة الدامّا (Checkers (draughts والتي إنتهت الى تعلّم المبارزة في مستوى البطولات، وبالتالي فقد ألغى الفكرة القائلة بأن الحاسوب يمكنه فقط فِعل الأشياء التي يُخبر بأن يقوم بها، إذ أن برنامجه تعلّم بسرعة كيف يلعب بشكل أفضل من مُخترعه .

في عام 1958 حدد مكارثي معالم لغة Lisp والتي أصبحت لغة البرمجة المُسيطرة في مجال الذكاء الإصطناعي، و تُعد لغة Lisp ثاني أقدم لغة في الإستخدام الحالي ، أيضا في عام 1958 نشر مكارثي McCarthy ورقة علمية بعنوان Programs with common sense ، وصف فيها برنامجه المُسمّى آخذ النصيحة Advice Taker ، وهو برنامج افتراضي يمكن اعتباره أول نظام ذكاء اصطناعي كامل ، صُمّم البرنامج لاستخدام معرفة للبحث عن حلول لمسائل ، ولكن ليس كغيره من البرامج ، فقد كان يرمي الى ضم معرفة عامة عن البيئة المحيطة، فمثلا، أوضح كيف أن بعض البديهيات البسيطة تمكّن البرنامج من انتاج مُخطط للذهاب الى المطار وأن تستقل طائرة و صُمّم البرنامج أيضا بحيث يمكنه استقبال بديهيات جديدة أثناء العمل وبالتالي يسمح ببلوغ درجة من الكفاءة في مجالات جديدة بدون إعادة البرمجة ، لذا فإن آخذ النصيحة يضم المبادئ الرئيسية لتمثيل المعرفة والتفكير: بمعنى أنه من المفيد أن يوجد تمثيل صريح للبيئة والطريقة التي تعمل تصرفات الوكيل على التأثير في البيئة ، وأن تكون قادرة على التعامل مع هذه التمثيلات بمناهج استدلالية Deductive procedures .

8.1 جُرعة من الحقيقة

مُنذ البداية، لم يكُن بُحّاث الذكاء الإصطناعي خجلين في وضع تنبؤات لنجاحاتهم المقبلة، التصريح التالي قدّمه هربرت سيمون Herbert Simon [8]:
" ليس قصدي هو إفزاعكم أو صدمكم – ولكن أبسط طريقة يمكن أن أوجز بها هي أن أقول أنه يوجد الآن في العالم آلات تُفكّر و تتعلّم ، وفوق ذلك، فإن القدرة على القيام بهذه الأشياء سوف تزداد بسرعة حتى أنه في المستقبل المنظور سيكون مدى المسائل التي يتعامل معها متساو مع تلك التي يُطبّق عليها العقل البشري ".

رغم أنه يُمكن للبعض أن يجادل في أن مصطلحات مثل " المستقبل المنظور " يمكن تفسيرها بعدّة طرق ، فإن بعض تنبؤات سيمون كانت محددة، في عام 1958 تنبأ بأنه في غضون 10 سنوات سيكون الحاسوب هو بطل الشطرنج وأن نظرية رياضية مهمة سيتمكّن من إثباتها عن طريق الآلة ، إدعاءات مثل هذه بدأت متفائلة بشكل كبير، و العائق الذي واجه أغلب مشاريع الذكاء الإصطناعي كان أن الطرق التي كانت كافية للإيضاح في مثال أو أثنين أتّضح أنها أخفقت بشكل سيئ عندما جُرّبت على مسائل أشمل وأصعب[8] .
الصعوبة الأولى التي ظهرت هي أن البرامج الأولية أحتوت غالبا على شيء قليل من المعرفة فيما يخُص محتوى الموضوع ، ونجحت بواسطة عمليات مداولة للنص ، فمثلا، برنامج ELIZA (1965) الذي يشارك في مناقشة جديّة حول أي موضوع ، هو في الحقيقه استعار و داول جُمل تمّ تدوينها في النظام بواسطة إنسان ،و إحدى القصص التي ظهرت في المجهودات الأولية للترجمة الآلية ، حول ترجُمة الأبحاث العلمية الروسية إلى اللغة الإنجليزية، كان الظن أن التحويل البسيط للنص المُعتمد على القواعد (الروسية والإنجليزية) وإبدال الكلمات باستخدام قاموس الكتروني، سيكون كافيا للإبقاء على معاني الجُمل مضبوطة، ولكن في الواقع تتطلّب الترجمة معرفة عامة عن الموضوع ليتسنّى فكّ الغموض وتأسيس محتوى الجُملة[8]، فالترجُمة الشهيرة للجُملة :
"الروح راغبة لكن الجسد ضعيف The spirit is willing but the flesh is weak "
إلى الجملة:
"الكحول جيدة لكن اللحم مُتعفّن The vodka is good but the meat is rotten " ،
توضح الصعوبات التي واجهتها .

النوع الثاني من المشاكل كان ممانعة العديد من المسائل التي كان الذكاء الإصطناعي يُحاول حلّها فغالبية البرامج الأولى في الذكاء الإصطناعي اشتغلت بواسطة تمثيل الحقائق الأساسية حول المسألة ومُحاولة تجريب سلسلة من الخطوات لحلّها وذلك بدمج تشكيلات مختلفة من الخطوات حتى يُعثر على الصحيحة منها ، كانت البرامج الأولى ذات جدوى عمليه فقط لأن البيئة المُصغّرة احتوت على عدد قليل جدا من الكائنات

objects، وكان الظن الشائع أن الترفيع إلى مسائل أكبر كان ببساطة موضوع مُعدّات أسرع و ذاكرة أكبر. لم يكُن وهم قوة الحساب غير المحدودة مقصورا على برامج حل-المسألة، فالتجارب الأولى في تطوّر الآلة (ما يُعرف الآن بالخوارزميات الجينية genetic algorithms " أعتمدت على الإعتقاد بأن خلق متواليات ملائمة من تبديلات صغيرة في برنامج الآلة machine code program ، يُمكّن من انتاج برنامج له أداء جيد لأي مهمة محددة بسيطة، كانت الفكرة إذاً هي أن تُجرّب تبديلات عشوائية ثم تُطبّق نُسُق اختيار لحفظ التبديلات التي يبدو أنها تُحسّن السلوك بغض النظر عن آلاف الساعات من وقت الحاسوب.

9.1 بروز الوكلاء الذكية

أدّت نجاحات الباحثين في حل مسائل فرعية بمجال الذكاء الإصطناعي إلى العودة إلى النظرة الشمولية لمسألة بناء "الوكيل الكامل"، ومن أبرز الأمثلة نظام SOAR الذى طوّره كل من ألن نيول و جون ليرد و روزنبلوم ، وتسعى بعض الجهود إلى فهم كيفية عمل الوكلاء المُدمجة ذات المُدخلات المستمرة في بيئات حقيقية، وأحد أهم هذه البيئات هي الإنترنت، إذ تُشكّل العديد من التقنيات ركائز لأدوات الإنترنت مثل آليات البحث و نظم تقديم الإستشارة و نظم بناء المواقع الإلكترونية، وأحد نتائج محاولات بناء وكلاء كاملة هي قناعة الباحثين بأن فروع الذكاء الاصطناعي المُستقلّة بحاجة الى إعادة تنظيم بشكل ترتبط من خلاله مع بعضها البعض، فمثلا نُظُم المجسّات (الرؤية والسونار والكلام) لا يمكنها بشكل منفرد أن تقدّم معلومات كاملة عن بيئة العمل مما يتطلب دمج نظم التخطيط planning والتفكير reasoning التي تخفّف من مسألة عدم التأكد uncertainty .

10.1 الوضع الحالي

تأمّل بطل العالم كاسبروف Garry kasparov القطع على لوحة الشطرنج أمامهُ و تأكّد أنه لا يوجد أمل، عليه أن يتخلّى عن اللعبة فخصمُهُ ديب بلو deep blue ، أصبح أول برنامج حاسوب من شركة آي بي إم ينتصر على بطل العالم في لُعبة الشطرنج و قفزت آي بي ام في سوق الأسهُم لتصل الى 18 بليون دولار.
وفي تطبيق عملي استخدمت القوات الأمريكية في حرب الخليج العربي عام 1991 نظام دارت DART و هو أداة للتخطيط اللوجستي والتحليل الديناميكي لتقديم خُطط لتنظيم عمليات الشحن و نقل الجنود و تضمّن التعامل مع 50000 آلية والعديد من الأفراد و عمليات الشحن في ذات الوقت، وأُخذ بالإعتبار نقاط الإنطلاق ونقاط الوصول والمسارات المختلفة و كل ذلك في ساعات قليلة ، في حين كان هذا العمل يتطلّب أسابيع بطُرق أخرى

قديمة، واكّدت وكالة المشاريع البحثية DARPA أن هذا التطبيق منفردا قد استرد إستثمارات الوكالة في مجال الذكاء الإصطناعي التي بُذلت خلال 30 عاما.
ويكثُر استخدام القِن الآلي (الروبوت) في مجال الطب فالعديد من الجرّاحين يستخدمون القِن المساعد في الجراحة الدقيقة، ويُعد نظام HipNav الذي يستخدم تقنيات الرؤية الحاسوبية لبناء نموذج ثلاثي الأبعاد لجسم المريض ثم يستخدم القِن الآلي لتوجيه عملية زرع واستبدال المفاصل أحد الأمثلة الناجحة.
أما في تطبيقات السفر والسياحة يعمل برنامج استيعاب الحديث speech understanding المُسمّى PEGASUS بتنفيذ كل المُعاملة، والتي ينتُج عنها حجز مؤكد يقتصد لصالح المسافر مبلغا معتبرا من التكلفة الإعتيادية حيث يقول المسافر في لاقط الصوت "أريد الذهاب من الدار البيضاء إلى كوالا لامبور" مثلا، ويرُد النظام " ما هو موعد سفرك " فيشرح المسافر أنه يريد الذهاب في 20-اكتوبر، و بأرخص تكلفة متاحة، عائدا يوم الأحد مثلا.
مُحلّل في غرفة عمليات الرحلة لمركبة فضائية، فجأة ينشدّ إنتباهُ، حيث أن عبارة حمراء ظهرت على شاشة الحاسوب تُشير إلى "خطأ" بمركبة الرحّاله Voyager ، والتي هي في مكان ما في مجال الكوكب نبتون Nepton ، لحُسن الحظ يمكن للمحلّل تصحيح المشكلة من الأرض، و يعتقد رجال العمليات أنه كان من المُمكن إغفال المشكلة إذا لم يتوفّر برنامج MARVEL ، وهو نظام خبير في الزمن الحقيقي Real-time expert system يُراقب التيّار الهائل من البيانات المُرسلة بواسطة المركبة وينفّذ المهام الروتينية و يُنبّه المُحللين إلى المسائل الخطيرة .
وفي مجال التحكّم الذاتي يُعد نظام الرؤية الحاسوبي المعروف باسم آلفين ALVINN مثالا جيدا في قيادة سيارة عبرت مسافة 2850 ميلا في الولايات المتحدة الأمريكية وتحكّم النظام في المركبة أغلب الوقت (98%)، ويعمل النظام الآلي على جمع مدخلات من آلات تصوير تلفزيونية و سونار و واجدات مدى ليزرية Laser range finders متصلة بالمركبة، يجمع النظام هذه المدخلات مع خبرة مُتعلّمة بواسطة مُحاولات تدريبية و يحسب بنجاح كيف يقود المركبة، ورغم أن هذا النوع من المركبات لم يُصبح شائع الإستعمال إلاّ أن بعض الشركات المُصنّعة للسيارات سوف تبدأ إجراء اختبارات السيارات الذكيّة عام 2015 و يُمكن طرحها في الأسواق بداية عام 2018، ويحتاج إطلاق هذا النوع من المركبات على الطرق العامة طرح قوانين جديدة للتعامل مع هذا التطوّر التكنولوجي، ويُتوقّع ان تبرُز عدة ميزات منها

1 -حوادث مرورية أقل
2 -إزدياد قدرة الطُرق العامة على التعامل مع مستخدمي الطرق نتيجة للقدرة في التحكم وإدارة حركة المرور

11.1 مجالات الذكاء الإصطناعي

أدّى التقدّم في طرق معالجة البيانات باستخدام الحواسيب إلى ذحركة (أتمتة) العمل الذهني الذي كان يقوم به الإنسان، إذ أنه حالما يُعرف تسلسل العمل والعمليات مثل كتابة الدفتر الأستاذ لإيداع الأموال أو السحب من المصرف، أو حساب مدار قمر اصطناعي ، أو البحث عن مراجع،... الخ، فإنه يمكن للحاسوب القيام بهذه الأعمال بسرعة أكبر ودقّة أكثر من الإنسان، ولكن قدرة الحواسيب على النظر الى الأشياء و تمييزها أو الإستماع الى محادثة باللغة العربية و فهمها لم تصل بعد إلى مستوى طفل، و يهدف البحث في الذكاء الإصطناعي إلى توضيح كيف يمكن لهذه الأعمال- التي لا يوجد لها سلسلة حل محددة- أن تُنجز بواسطة الآلة.

إعتمادا على ما سبق ذكره، فإن مادة الذكاء الإصطناعي ليست ثابتة، ولكنها تتغيّر مع الزمن، فمثلا في نهاية الستينات من القرن العشرين أُعتبرت طُرق قراءة الكتابة اليدوية للحروف والأرقام جزءا من مجال الذكاء الإصطناعي ، ولكن بعد تطوير قارئة الحروف لم تعُد هذه الطرق جزءا من مجال الذكاء الاصطناعي، ويبدو من سِمة الذكاء الاصطناعي هذه أنه في مجال ما إذا أصبحت الطرق والتقنيات ثابتة و مُبرهنة عمليا انقطعت عن كونها جزءا من الذكاء الإصطناعي. بشكل عام، يُمكن النظر إلى الذكاء الإصطناعي من وجهتين: الأولى- وجهة النظر العلمية والتي تهدف إلى فهم آليات الذكاء لدى الإنسان، واستخدام الحاسوب لمحاكاة الإنسان والتحقّق من نظريات للذكاء، وجهة النظر الأخرى هي هندسية وتهدف الى منح الحاسوب قدرات عقلية مثل الإنسان، و يتبنّى أغلبُ الباحثين وجهة النظر الثانية التي ترمي الى جعل قدرات الحاسوب تضاهي ذكاء الإنسان بدون محاولة محاكاة طرق معالجة المعلومات تماما كما هي لدى البشر، ولكن هذين الأسلوبين لهما علاقة ببعضهما البعض فمثلا نتائج البحث العلمي لكيفية حل الإنسان للمسائل يمكن أن تُساهم بشكل فعّال في بناء طرق جديدة لحل المسائل باستخدام الحاسوب .سنُقدّم الآن المجالات التي تُعتبر فروعا من الذكاء الإصطناعي للحصول على صورة أكثر وضوحا .

1) إثبات النظريات

بداء البحث عن طرق لإثبات النظريات الرياضية باستخدام الحاسوب في الخمسينات من القرن العشرين، وأحرز نجاحا في بناء نظم قادرة على اثبات نظريات في الهندسة والجبر لكن هذه النظم لم تصل الى مستوى الإثبات الآلي لنظريات لم يتم اثباتها من طرف الإنسان بنفسه، ولكنها تُقدّم دعما قيّما للرياضيين حيث يتطلّب اثبات نظرية تركيب مجموعة من البديهيات وقواعد الإستنتاج بطريقة ملائمة للوصول الى نتيجة، والعديد من المسائل التي تناولها الذكاء الإصطناعي عُبّر عنها في صيغة إثبات نظرية،

بمعنى أن الحل للمسألة قد صُغّر إلى إثبات نظرية، وقد أثّر البحث في طرق إثبات النظريات في مجالات أخرى لأنه يتطلب دراسة الوسيلة الي تتم بها الإستنتاجات.

2) الألعاب

تمّ تطوير برامج قادرة على المبارزة في العاب الشطرنج والدامّا، وتؤدّي دراسة العاب كهذه الى تطوير أساليب فنية للبحث عن أفضل حركة من بين مجموعة مختلفة من التحرُّكات الممكنة، وأصبحت هذه الأساليب مُعتمدة كطرق للبحث عن حلول للمسائل، وقد انتجت الدراسات الطويلة على مدى عدّة سنوات برامج العاب شطرنج قادرة على المبارزة بمستوى فائق، إلا أنه يُعتقد الآن أن السبب الرئيسي في النجاح لإنتاج برنامج قوي ليس طريقة البحث، بل هو كيفية تبنّي معلومات اللعبة واستخدامها بالبرنامج.

2) القِن الآلي

أُجريت محاولات في نهاية الستينات من القرن الماضي بالعديد من المعاهد والجامعات لتصميم "قِن آلي ذكي" له عيون ورأس وأنتجت نماذج تجريبية للقِن لها القدرة على تمييز منظر بسيط وتحريك أشياء، وأوضحت الدراسات أن قُدرات القِن الآلي لا تتحسّن بدون المزيد من البحث في معالجة المعلومات المرئية والتحكّم بالأذرع، وحل المسألة، الخ، ثم استقلت فروع البحث المتعددة هذه في مسارات منفصلة، فأصبح مجال الرؤية مجالا مستقلا وارتبط مجال حل المسألة بمجال اثبات النظرية ، إلا أن الأساليب العلمية الأساسية مثل تمثيل المسألة والتخطيط تطوّرت تحت حث القِن الآلي، فصار مجال القِن الآلي يضم حاليا تطوير أجهزة الإحساس والتحكم لمراقبة الموضع والقوة اللازمة لتنفيذ عمليات بارعة وتطوير لغات راقية ملائمة لوصف بيئة العمل واعطاء التعليمات.

3) الرؤية

الهدف الأولي للرؤية لدى القِن الآلي هو تقديم معلومات تمنح القِن القُدرة على تمييز الأشياء والمُجسّمات والتقاطها ومسكها وتحريكها وكذلك التحرُّك بشكل مُريح في بيئة العمل وتجنُّب العوائق التي قد تُصادفه، لكن المُحاولة لجعل القِن الآلي يُميّز تركيبات حقيقية أوضحت أن حتى هذا الهدف الذي يبدو بسيطا هو محفوف بالخوف والصعوبة، وأن تحليل التغيُّر في الإضاءة لجسم مرئي ليس كافيا فالغموض في جسم مرئي يجب حلّه باستخدام الخصائص التي تُميّز الشيء المرئي. لقد تم تطوير عدة أساليب فنية لتحليل الصور وذلك لتمييز وجوه مجموعة من الناس في غرفة والمشاهد الخارجية والصُّور الجوية، ..الخ،

واستنتج أنه يمكن تمييز مناظر مركّبة إذا زُوّد الحاسوب بمعلومات عن الجسم في صيغة يُمكن للحاسوب استغلالها لكنه حتى الآن لا توجد أساليب فنية عامّة للتعامل مع مجموعات كبيرة من الأشياء.

4) معالجة اللغات الطبيعية

إنه غيرُ كاف أن نعرف التركيب النحوي للجُملة لمعرفة النُطق لدى الإنسان بل يجب معرفة معنى الجُمل و النص وحقائق أخرى غير ملفوظة. إذا ما حصرنا مجال الحديث، فإن المعلومات حول الأسماء والأفعال التي تظهر يمكن تمثيلها في صيغة مُعجم أو في صيغة برنامج كما يُمكن تحديد سياق الكلام، وتم وضع أنظمة تجريبية قادرة على فهم اللغة الانجليزية مثلا لمحيط محدود في مجال معين (مثل كتاب مدرسي أو أسئلة وأجوبة عن أشياء محددة)، أما إذا وُسّع مجال الإهتمام الى عدد كبير من المفردات والقرائن الممكنة فإن المعرفة العامة وعدد قواعد الإستنتاج الضرورية لفهم اللغة يزداد باضطراد ومن الصعب تحديد أي قاعدة يجب تطبيقها، كما تظهر مشاكل أخرى في طريقة تمثيل الكم الهائل من المعلومات والتناقضات، ولقد أدّى البحث في معالجة اللغات الطبيعية الى تطوير طُرق لتمثيل المعرفة و لغات برمجة راقية ملائمة لهذا الغرض.

5) هندسة المعرفة

يقوم الطبيب باستخدام قواعد مختلفة ومعرفة منبثقة من الخبرة لتشخيص المريض رغم أن طريقة التشخيص ليس لها شكل ثابت، واستهدفت بعض الدراسات تطوير أنظمة استشارية بحيث يتم تخزين معرفة اختصاصية بداخل الحاسوب وتُمكّن النظام من إعطاء أجوبة لأسئلة لم تكن مُعرّفة مُسبقا، فمثلا يمكن لنظام دندرال DENDRAL استنتاج الصيغة التركيبية لمركّب عضوي بمعرفة بيانات تحليل الكُتلة، وقد تم تزويد هذا النظام بعدد كبير من القواعد لاستنتاج البناء التركيبي لمادة من واقع خصائص بيانات المطياف وانتاج صيغ التركيب الممكنة من الصيغة الجزئية والتنبؤ ببيانات طيفية من الصيغة التركيبية وانتاج أجوبة بتركيب وتطبيق ملائم لهذه القواعد، ويُعرف هذا النوع من البحث بهندسة المعرفة وهناك محاولات عديدة لوضعه موضع التنفيذ في مجالات عده مثل الطب و الإقتصاد والأحياء. المشكلة الرئيسية في هندسة المعرفة تكمُن في تطوير طُرق لتمثيل المعرفة المتخصصة وطرق انتقاء و تطبيق المعرفة وأساليب اكتساب المعرفة، ففي مجال اكتساب المعرفة تركّزت الجهود في الماضي على تطوير أساليب تُمكّن الخبراء الذين ليس لهم إلمام بالحاسوب من إدخال المعرفة إلى الحاسوب و تنقيح المعرفة المخزّنة عندما لا يعمل النظام بالشكل المطلوب.

تمارين

1 -من دراستك للفصل الأول وتبحّرك في شبكة المعلومات، قدّم تعريفا للمفاهيم التالية: الذكاء الإصطناعي، الوكيل، النظام الخبير.

2 -ما رأيك في اختبار تورنج للذكاء، وهل لديك بديل لإختبار ذكاء الآلة؟

3 -ابحث في ادبيات الذكاء الإصطناعي للتعرف على امكانية الذكاء الإصطناعي في ايجاد حلول للمسائل التالية:

- قيادة سيارة في مدينة الرياض
- شراء ما تحتاجه من فواكه من السوق
- شراء سيارة عبر شبكة المعلومات
- كتابة قصة مرحة
- القيام بعملية جراحية في القلب
- الترجمة المباشرة لحديث باللغة الصينية الى اللغة العربية

4 -تمعّن الجملة التالية: "بالتأكيد لا يمكن ان تكون الحواسيب ذكية، يمكنها فقط انجاز ما يخبرها به المبرمجون" هل الجملة الأخيرة صحيحة، وهل تتضمن الأولى?

الفصل الثاني

الوكيل الذكي

الوكيل الذكي

" العقل أن تقول ما تعرف وتعمل ما تنطق به"
الإمام علي بن أبي طالب

1.2 مُقدّمة

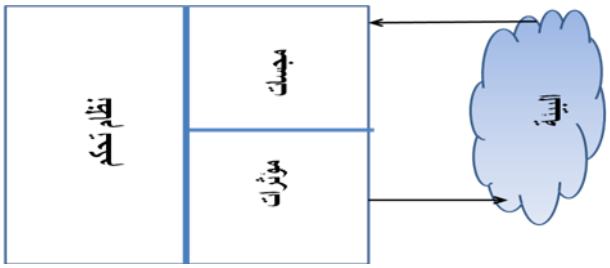
سنتعرض في هذا الفصل الى موضوع الوكلاء الذكية، ويمكن تعريف الوكيل (أو الحريف كما يُسمّيه بعض الباحثين)Agent على أنه كائن يُمكنُه إدراك المحيط بواسطة مِجسّات sensors ويؤثر في المحيط بواسطة مؤثّرات effectors، والوكيل الذكي هو كائن مستقل (سواء كان طبيعيا كالإنسان او حاسوبيا) يتواجد في بيئة معينة ويتصرف بطريقة عقلانية، ويعتمد معنى العقلانية على البيئة فمثلا هل يعمل الوكيل على ايجاد حل لمسألة ما أم أنه يحمي نفسه من كائنات أخرى.
ينجز الوكيل الحاسوبي رغبات الانسان المسئول عنه فهو يساعد الانسان في اتخاذ قراراته فقد يلعب الوكيل دور المستشار للإنسان او المساعد او المندوب، وعندما يعمل الوكيل كمستشار فإنه يتحسس البيئة ولا يتخذ قرارات مباشرة بل يخبر الانسان ما يجب عليه فعله حسب اعتقاد الوكيل، ويتولى الانسان بنفسه اتخاذ القرار النهائي، وتتبنى النظم الخبيرة هذه الطريقة، اما عندما يتصرف الوكيل كمندوب فإنه يعالج المشاهدات البيئية وينتج قرارات وينفذها مباشرة دون الرجوع للانسان لأخذ موافقته، وتتبنى هذا الاسلوب الكثير من التطبيقات مثل القن المستقل autonomous robot وقن الانترنت internet infobot (وهو الذي يبحر في مواقع الشبكة العنكبوتية ويجمع المعلومات ذات العلاقة بصالح الانسان)، وكذلك المعلم الذكي intelligent tutor حيث يتحسس هذا الوكيل عقل الطفل بواسطة طرح اسئلة لتحديد مستوى المعرفة في المادة ويتعرف على نقاط الضعف في المهارات والمفاهيم الخاطئة ويقترح دروسا وتمرينات لتعليم الطفل وتصحيح المفاهيم الخاطئة وتعزيز مهارات الطالب وخلال قيامه بهذا الواجب لا يستقبل الوكيل اي تدخل من المعلم البشري او ولي امر الطالب.
الوكيل البشري له عينان وأذنان و أعضاء حس أخرى و يدين و رجلين و فم وأطراف جسم أخرى كمؤثرات، أما الوكيل القِن آلي (robot) فيستخدم آلات تصوير و موجات الضوء الدوحمراء (دون الحمراء) عوضا عن المجسات و محركات متعددة كمؤثرات، والوكيل البرمجي له سلاسل حرفية مدوّنة تمثل المجسّات والمؤثرات، وقد انتشر استخدام الوكيل و صارت الملحقة bot شائعة الاستعمال مثل softbot للإشارة الى الوكيل

البرمجي software robot، وسوف ندرس في هذا الفصل انواع الوكيل وبنيته و تطبيقاته.

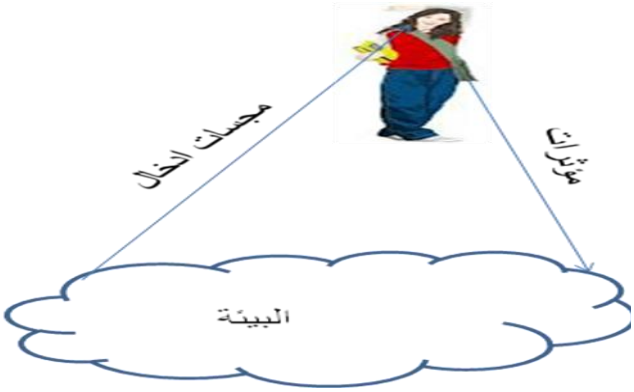
2.2 بنية الوكيل

يتألف الوكيل من مجموعة من العناصر وهي عبارة عن مجسّات (واحد أو أكثر) تستخدم لإدراك البيئة المحيطة بالوكيل و مؤثرات (واحد أو أكثر) لإحداث تغييرات في البيئة، بالإضافة الى نظام تحكم للتخطيط من المجسات الى المؤثرات ليقدم سلوكا ذكيا (عقلانيا) . يمكن تطبيق هذا التقسيم البنيوي على الانسان، اذ يحتوي جسم الانسان على مجموعة من المجسات مثل العيون (للرؤية) والأذنين (للسمع) واللسان (للتذوق) وغيرها، كما يحتوي جسم الإنسان على عدد من أنظمة التأثير مثل الأصابع والأذرع و الأرجل، ويتضمن نظام التحكم الدماغ وجهاز الأعصاب، و يوضّح الشكل 1.2 البنية الاساسية للوكيل والشكل 2.2 يبين مثالا على الوكيل-الانسان .

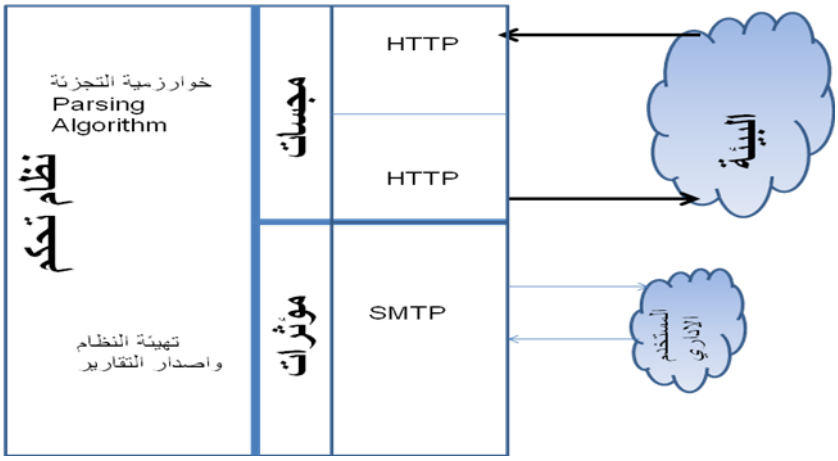
ينطبق ذات الشرح على الوكيل الافتراضي مثل عنكبوت الوب web spider ، وهو عبارة عن برنامج لتصفح صفحات الوب لبناء قوائم بطريقة معينة ولغرض محدد بغية مساعدة المستخدمين على ايجاد ما يبحثون عنه في شبكة المعلومات الدولية، ويعد عنكبوت الوب اساس آليات البحث search engines، ويستخدم عنكبوت الوب مجس عبارة عن بروتوكول نقل البيانات HTTP كوسيلة لاستجلاب البيانات من صفحات الوب، ونظام التحكم هو برنامج لتنظيم سلوك عنكبوت الوب مثل عمليات تجزئة المفردات الى اجزاء مثل الفعل والفاعل... الخ ثم تصفيتها، ويمكن لعنكبوت الوب ان يحدد وصلات جديدة links لمتابعة تجميع معلومات اضافية واستخدام بروتوكول HTTP للابحار في بيئة الوب، كما يمكن ان يتواصل عنكبوت الوب مع المستخدم (المسئول عن ادارة الوكيل) عن طريق البريد الالكتروني باستخدام بروتوكول SMTP، ويمكن تهيئة عنكبوت الوب لتجميع البيانات او الابحار في صفحات المواقع الالكترونية.



شكل 1.2: البنية الأساسية للوكيل



شكل 2.2: تفاعل وكيل بشري مع البيئة من خلال مِجسّات ومؤثّرات



شكل 3.2: عنكبوت الوب

3.2 خصائص الوكيل

ما يجعل أي برنامج program أن يسمى وكيل agent هو توفر بعض الخصائص التي تجعله يعرض نوعا من الذكاء، ونسرد فيما يلي الخصائص التي تشكل اساسا للوكلاء البرمجية الذكية:

- خاصية العقلانية

ويقصد بها ان يقوم الوكيل بفعل الاشياء الصحيحة في الوقت المناسب وفي ظل نتائج محددة، ويعتمد هذا على التصرفات المتاحة للوكيل وكذلك الكيفية التي يقاس بها اداء الوكيل

- خاصية الاستقلالية

وتعني قدرة الوكيل على الحركة في البيئة بدون ارشاد او توجيه من كائن خارجي (مثل الانسان)، لذا فإن الوكيل المستقل يمكنه البحث عن اهداف في البيئة سواء لحل مسألة معينة او الحفاظ على ذاته.

- خاصية الاستمرارية

ويتضمن هذا المصطلح وجود الوكيل بشكل متواصل في بيئة عمله، كما يتضمن ايضا امكانية تنقله من مكان الى آخر في حالات معينه (وكيل جوّال او متنقل)

- خاصية التواصل

وهي القدرة على تواصل الوكيل مع كائنات أخرى (مثل وكلاء آخرين لتزويدهم بمعلومات) او مستخدمين (الذين يمثلهم الوكيل)

- خاصية التعاون

ويقصد بهذه الخاصية قدرة الوكيل على التعاون مع الوكلاء الآخرين لحل المسائل بشكل جماعي، ويمكن استغلال هذه الخاصية للخداع فبدلا من الاتصال بغرض التعاون لحل مسألة معينة يمكن للوكيل ارسال معلومات خاطئة لغش وخداع وكيل آخر .

- خاصية الحركة

وتعرف بأنها قدرة الوكيل على الهجرة والتنقل بين الانظمة عبر شبكة الحاسوب، ويمكن انجاز ذلك بشكل مستقل باستخدام اطار عمل يدعم هذه الوظيفة (مثل اطار آجلت aglet)، ويمكن تطبيق هذه الخاصية على الفيروسات والتي تستخدم البريد الالكتروني SMTP أو بروتوكول الوب HTTP للتنقل بين الانظمة والمستخدمين

- خاصية التكيّف

وهي من اهم الخصائص ويقصد بها قدرة الوكيل على التعلم والتكيف مع البيئة، والتعلم من وجهة نظر الوكيل هو ايجاد تنظيم او تخطيط بين المجسات والمؤثرات بحيث يظهر الوكيل سلوكا ذكيا أو سلوك يحقق شروط محددة، فالتكيف يعني ان تكون عمليات التنظيم هذه مرنة ويمكن تعديلها وفقا للتغيرات التي تطرأ في البيئة.

4.2 تصرُّف الوكيل

الوكيل العاقل rational هو الذي يفعل العمل الصحيح و هذا أفضل من القيام بعمل خاطئ و لكن ماذا يعني ذلك ؟ أولا، سنقول أن التصرف الصحيح هو الذي سيجعل الوكيل ناجحا في أغلب الأحيان و هذا سيترك مشكلة جديدة و هي كيف و متى نُقيّم نجاح الوكيل؟

نحن نستخدم المُصطلح مقياس الأداء performance measure مُتضمّنا معيار نجاح سلوك الوكيل الذي يظهر في سلسلة من التصرفات التي يُحدثها الوكيل عند إدراكه لمجموعة من المُدركات مما يسبب في إحداث تغيّرات في البيئة في هيئة سلسلة متعاقبة من الوضعيات، و من الواضح أنه لا يوجد مقياس ثابت ملائم لكافة الوكلاء فقد يمكننا الاستفسار من الوكيل نفسه عن مدى الرضا عن أدائه، و لكن بعض الوكلاء غير قادرة على الإجابة و البعض الآخر يخدع نفسه، لذا فنحن بحاجة إلى مقياس أداء موضوعي يُفرض من طرف آخر، بمعنى آخر نحن بصفتنا ملاحظين خارجيين علينا أن نؤسس معيارا لمعنى النجاح في بيئة ما واستخدامه لقياس أداء الوكيل، فمثلا إذا طُلب من وكيل(بشري او آلي) أن يُنظّف أرضيّة متّسخة فإن مقياس الأداء المقبول يمكن أن يكون كمّية الأوساخ التي تم تنظيفها في اليوم، ومقياس الأداء الأكثر تعقيدا يُدخل في حساباته كمية الطاقة المستهلكة وأية تأثيرات أخرى ناتجة عن أدائه، كما أن زمن تقييم الأداء مُهم هو الآخر، فمثلا اذا قِسنا كميّة الأوساخ المُجمّعة في الساعة الأولى فإننا نُكافئ الوكيل الذي بداء مُسرعا(حتى إذا ما عمل قليلا أو لم يعمل مُطلقا آخر النهار) و معاقبة الذي عمل بانتظام، لذا فإننا نريد قياس الأداء على المدى البعيد.

من المُهم أن نُفرّق بين كُلّية العلم omnisience و العقلانية rational ، فالوكيل العليم (أي كُلّي العلم) يعرف الناتج الحقيقي لتصرفاته و يمكنه التصرف طبقا لذلك، ولكن كُلّية العلم مستحيلة في الواقع، هذا مثال على ذلك: يسيرعثمان بأحد الشوارع الرئيسية في العاصمة ورأى صديقا على الجانب الآخر من الطريق وحيث أنه لا توجد عربات بالقرب منه وحيث أنه ليس مشغولا ولأنه عاقل بداء بعبور الطريق الى الناحية الأخرى، وفي لحظة العبور مرّت طائرة بدون طيّارعلى ارتفاع 1000 قدم وفجأة سقطت نتيجة خلل فنّي بها، فهل كان غير منطقي في عبوره للطريق ؟. إن العقلانية تتعلق بالنجاح المتوقّع بحضور ما تم إدراكه، فعبور عثمان الطريق كان عقلانيا لأنه غالبا ما يكون عبورا آمنا و لم يكن بإمكانه التنبؤ بسقوط الطائرة، لاحظ أنه إذا ما تم تجهيز وكيل آخر بجهاز رادار لكشف الطائرات فإنه سيكون أكثر نجاحا ولن يكون أكثر عقلانية، بمعنى آخر، لا يمكننا وضع اللوم على الوكيل لعدم النجاح لأنه لم يأخذ في الحُسبان شيء ليست لديه القدرة على إدراكه، أو الفشل في اتخاذ إجراء لا يمكنه فعله، لذا يمكن القول بأن العقلانية تعتمد على العناصر التالية:

- مقياس الأداء الذي يُعيّن معيار النجاح
- سلسلة المدركات- وهو كل شيء أمكن للوكيل إدراكه
- كل ما يعرفه الوكيل عن البيئه (المعرفة المُسبقة للوكيل)
- التصرفات التي يمكن للوكيل تنفيذها.

ويقودنا هذا الى تعريف الوكيل العقلاني النموذجي:
لكل مجوعة متوالية من المدركات الممكنة، يقوم الوكيل العقلاني النموذجي Ideal rational agent بالتصرف الذي يُتوقع منه الحصول على أكبر قيمة لمقياس الأداء، بناء على الدليل المتُحصّل عليه عن طريق مجموعة المُدركات بالإضافة إلى المعرفة الأساسية للوكيل، فإذا لم ينظُر الوكيل لجهتي الطريق قبل العبور فإن مجموعة الإدراك لن تخبره بأن شاحنة كبيرة تقترب منه بسرعة هائلة، قد يبدو أن التعريف يسمح بالعبور، و لكن هذا التفسير غير صحيح لسببين: الأول أنه غير عقلاني أن يعبر الطريق: خطورة العبور بدون نظر هي جد كبيرة، ثانيا، الوكيل العقلاني النموذجي سيختار التصرف "انظر" قبل الخطو على الطريق، لأن النظر سيرفع من الأداء المتوقع.

5.2 التنظيم من سلسلة مدركات إلى تصرف

إذا أدركنا أن سلوك الوكيل يعتمد فقط على مجموعة متوالية من المدركات فإنه يمكننا وصف أي وكيل بإنشاء جدول يبين الفعل الذي يُحدثه استجابة لكل مجموعة من المُدركات (يُشكّل ذلك قائمة طويلة- لأغلب أنواع الوكيل- قد تكون لا نهائية ما لم يتم حصر سلسلة المدركات الواجب أخذها بعين الاعتبار) وتُسمى هذه القائمة تنظيم من سلسلة المدركات الى تصرفات (أفعال) و يمكننا من حيث المبدأ أن نجد تنظيما يصف وكيل ما وذلك بمحاولة وتجريب كل سلسلة مدركات ممكنة وتدوين أي تصرف يفعله كاستجابة (إذا استعمل الوكيل الجُزافيه randomization في حساباته فيجب محاولة مجموعات المدركات عدة مرات للحصول على فكرة جيدة عن السلوك المعتدل للوكيل)، وإذا كان التنظيم يصف الوكيل فإن التنظيم النموذجي يصف الوكيل النموذجي، وهذا لا يعني أن ننشئ جدولا تحوي مُدخلاته كل سلسلة ممكنة من المُدركات، إذ يمكن تحديد مواصفات للتخطيط بدون الحصر الشامل لها، ويمكن اعتبار جهاز التحكم في التلفزيون مثالا لوكيل بسيط، خُذ هذا المثال ايضا كوكيل بسيط: دالة الجذر التربيعي بالآلة الحاسبة- سلسلة المدركات لهذا الوكيل هي مجموعة ألضغطات على المفاتيح التي تُمثّل الرقم والفعل هو إظهار رقم على الشاشة، التنظيم النموذجي لها هو أنه في حالة أنّ المُدرك هو رقم موجب A ، يكون الفعل الصحيح هو إظهار رقم موجب Y بحيث أن $y^2=A$ ، هذه المواصفات للتخطيط

النموذجي لا تتطلب من المُصمّم أن يُكوّن جدولا للجذور التربيعية ولا تستوجب كذلك أن تستعمل الدالة جدولا لتسلك السلوك الصحيح.
الشكل التالي يبين التخطيط النموذجي لبرنامج بسيط لتنفيذ التخطيط باستخدام طريقة التكرار

function SQRT(A)
y= A/2
repeat until $|y^2-A|<10^{-10}$
y= (y+A/y)/2
End loop
return y

شكل 2.2 : خوارزمية لمسألة الجذر التربيعي

6.2 تصميم الوكيل الذكي

لقد تحدّثنا عن الوكيل وذلك بوصف سلوكه أي التصرف الذي يقوم به لكل مجموعة متسلسلة من المدركات، ونؤكد مرة أخرى ان هدف الذكاء الإصطناعي هو تصميم برنامج وكيل : الدالة التي تُنشئ تخطيط الوكيل من المدركات إلى التصرف، و نفترض أن البرنامج يعمل على جهاز حاسوب ، قد يكون هذا الجهاز عبارة عن حاسوب اعتيادي أو قد يتضمّن أجهزة خاصة لأعمال محددة مثل آلات تصوير و معالجة الصوت، وقد تتطلب برامج تمنح درجة من العزلة (الفصل) بين كل من الحاسوب الرئيسي والبرنامج الوكيل حتى نتمكن من البرمجة على مستوى أرقى، عادة يسمح التصميم لجعل المدركات عن طريق المجسات تحت تصرف البرنامج، فينفذ البرنامج ويغذي خيارات العمل للبرنامج المؤثرات حال انشائها، المعادلة التالية توضح العلاقة بين الوكيل و البيئة والبرنامج.

الوكيل =هيكل بنائي+برنامج

قبل أن نبدأ بتصميم برنامج وكيل يجب أن تكون لدينا فكرة جيدة عن المدركات الممكنة والتصرف المتوقّع، وما هي الأهداف وما هو مقياس الأداء الذي يجب أن يحرزه الوكيل، وما هي البيئة التي يعمل ضمنها، كل هذا يأتي بأشكال عديدة، الشكل التالي يبين العناصر الرئيسية لاختيار نوع الوكيل.

نوع الوكيل	الأهداف	التصرفات	المدركات	البيئه
نظام تشخيص طبي	إشفاء المريض، تقليل التكاليف	أسئله،اختيارات، معالجة	أعراض، اجابات المريض	مستشفى
نظام تحليل صور الأقمار الاصطناعية	تصنيف صحيح	طباعة تصنيف المناضر المرئية	خلايا عناصر ضوئية	صور من قمر يلف حول الأرض
قن آلي خاص بالتقاط مواد	وضع الاشياء في الصناديق الصحيحه	التقط عناصر و ضعها في دواليب تصنيف	خلايا عناصر ضوئية	سير نقل المواد
معلم لغة	الحصول على أعلى درجة للطالب في الامتحان	أكتب تمارين،اقتراحات تصحيح	كلمات مكتوبة	مجموعة من الطلبة

شكل 3.2 : أمثلة على نوع الوكيل والبيئة التي يعمل بها

7.2 برامج الوكيل

تمتلك الوكلاء الذكية نفس الهيكلية إذ تستقبل المُدركات من البيئة وتُنتج أفعالا وهي تستخدم هياكل بيانات داخلية تتحسّن كلما وصلتها مُدركات جديدة وتقوم نُهُج اتخاذ القرار(برامج فرعية) بإنشاء خيار العمل الذي يُنفذ بعد ذلك، و رغم أنه تم تعريف تنظيم الوكيل كدالة من مجموعة مدركات الى تصرف فإن برنامج الوكيل يستلم مُدركة واحدة كل مرة، وللوكيل أن يُخزّن سلسلة المدركات في الذاكرة إذا رغب في ذلك، وفي بعض البيئات يمكن أن يكون ناجحا إلى حد ما بدون تخزين مجموعة المدركات، كما أنه من غير العملي أن تُخزّن سلسلة المدركات بأكملها في المجالات المعقدة. إن مهمة الذكاء الإصطناعي هي تصميم برنامج وكيل لتنفيذ دالة التخطيط من مدركات الى تصرفات، إن هذا البرنامج ينفذ على جهاز حاسوب بصحبة مجسات و مؤثرات فيزيائية- نسميها هيكل ، أي ان الوكيل هو عبارة عن هيكل فيزيائي اضافة الى برنامج.

نتّجه الآن الى إجابة السؤال : لماذا لا نبحث عن الحل في جدول ؟ ولنبدأ بأسهل طريقة ممكنة لكتابة برنامج وكيل- وهي النظر في جدول بحث، الشكل 4.2 يُبيّن برنامج وكيل يعمل بالمحافظة في الذاكرة على كافة المُدركات و يستخدمها كدليل في الجدول الذي يحوي التصرف الملائم لكل سلاسل المدركات ومن المهم أن نعرف لماذا هذا المقترح يبوء بالفشل:

1 -الجدول الذي يحتاجه عمل بسيط مثل وكيل لعب الشطرنج يقارب 35^{100} مادة

2 -يتطلب بناء الجدول وقتا طويلا

3 -لا توجد استقلالية للوكيل، لأن تقدير أحسن تصرف مُبيّت كُليّا في الجدول، فإذا ما تغيرت البيئة بطريقة غير متوقعة فإن الوكيل سيئول إلى الضياع

4 -حتى إذا زود الوكيل بآلية تعلم أيضا، ليكون له درجة من الاستقلالية، فإنه سيتطلب وقتا هائلا(لا نهائي) لتعلم القيم الصحيحة لكافة مواد الجدول، رغم كل ذلك فإن وكيل-جدول البحث يُنفّذ ما نريد: فهو يبني تخطيط الوكيل الذي نرغبه، و ليس كافيا أن نقول " لا يمكن أن يكون ذكيا" ، ويجب أن نفهم لماذا الوكيل المفكُر(نقيض البحث في جدول) له أداء أفضل باجتنابه لنقاط القصور الأربع سالفة الذكر[8].

```
FUNCTION  TABLE-DRIVEN-AGENT(percept) returns an action
INPUT : percepts   "a sequence,initially empty table",
        Table  " indexed by percept sequences, initially fully specified"
APPEND  percepts   "to the end of percepts"
  action  = LOOKUP(percepts,table)
return action
```

شكل 4.2 :وكيل يعتمد على جدول و يعتمد على متابعة سلسلة المدركات و يبحث عن أحسن خيار للتصرف

مثال:

لمزيد الإلمام بالموضوع وان تكون الفائدة أعمّ سنتمعّن النظر في بيئة معينة، سننظر إلى عملية تصميم لاعب كرة آلي، نظرا لأن هذه البيئة معروفة أولا ولأنها تتطلب مدى فسيح من المهارات، يجب الإنتباه هنا الى أن نظاما كهذا يفوق الإمكانيات التقنية الحالية، رغم أن أغلب مكوناته متاحة في صيغة أو أخرى. علينا أن نُفكّر أولا بالمدركات والأفعال والأهداف والبيئة لوكيل لاعب الكرة .

نوع الوكيل	الأهداف	التصرف	المجسات	البيئة
لاعب كرة	تحقيق اكبر عدد من الاهداف القانونية ، مبارة شيقة	الدوران، زيادة السرعه، الفرمله، التحدث إلى اللاعبين، ركل الكرة	آلات تصوير،لاقط صوت ميكروفون،السونار، جهاز تحديد الموضع عن طريق القمر الاصطناعي	الملعب، حكم المباراة، مساعدو الحكم، الجمهور

شكل 5.2 : وكيل من نوع لاعب كرة

يجب أن يعرف وكيل لاعب الكرة موقعه في الملعب، ومن يوجد على الملعب، وكم هي سرعته، هذه المعلومات يمكن الحصول عليها من المدركات المُزوّد بها عن طريق آلات التصوير وعدّاد السرعة وعدّاد المسافات، وحتى يتم التحكم الصحيح بالقِن (الروبوت) يجب أن يكون لديه دراية بالوضع الميكانيكي للمؤثرات الخاصة بركل الكرة،

ويحتوي على أجهزة غير مُتاحة للرياضي البشري: مثل نظام تحديد الموقع عن طريق القمر الإصطناعي(GPS) لتحديد الموقع الصحيح حسب خارطة الكترونية، أو جهاز مجسّات دون الحمراء أو سونار لتبين المسافات بينه وبين اللاعبين الآخرين والمرمى والمعوّقات، وأخيرا بحاجة إلى جهاز لاقط صوت للتعامل مع زملائه في الملعب والتعامل مع مقاصدهم ورغباتهم في التعاون أثناء المباراة.
التصرف الممكن للاعب الكرة سيكون في مستوى مما هو متاح لأي لاعب بشري: السيطرة على المحرّكات والفرامل للجري والتوقف، وبالإضافة إلى ذلك فهو بحاجة إلى محلّل صوت للرد على زملائه وربما إلى وسيلة للتخاطب مع لاعبي الفريق المُضاد، ما هو مقياس الأداء الذي نرغب أن يُرضيه اللاعب الآلي؟. تتضمن النوعية التي نطمح لها في: الفوز في المباراة و تقليل ألإنتهاكات لقانون المباراة وعدم إزعاج الجمهور واللاعبين المشاركين في المباراة، قد تتعارض بعض هذه الأهداف لذا فإنه من الضروري خلق موازنة منطقية، علينا أن نقرر الكيفية التي نبني بها برنامج حقيقي للتخطيط من المُدركات إلى التصرُّف (الفعل) و سنجد مفاهيم مختلفة للتعامل مع البيئة توحي بأنواع مختلفة لبرنامج الوكيل وسنشرح أربعة أنواع لبرنامج الوكيل:

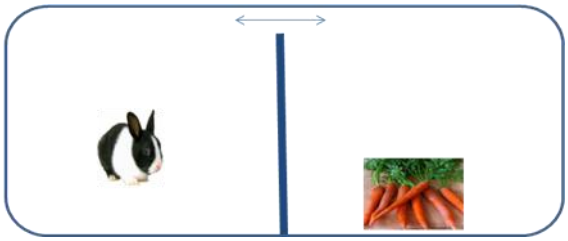
- وكيل الإستجابة غير الإرادية Simple reflex agent
- الوكيل المعتمد على نموذج Model based agent
- الوكيل المعتمد على هدف Goal-based agent
- الوكيل المعتمد على منفعة Utility-based agent

1.7.2 وكيل الإستجابة غير الإرادية

يُعد هذا النوع أبسط أنواع الوكيل، إذ أنه يختار التصرفات بناء على المدرك الحالي فقط و لا يُعيرالإنتباه إلى المدركات السابقة فمثلا الشكل 7.2 يبين أرنب موجود في قفص مزدوج يربط بين جزئيه ممر حيث يمكن للأرنب التحرك بين الجزئين بحثا عن الطعام، ويعتمد تصرف الوكيل (الأرنب) على إدراكه للموقع و حالة وجود الطعام من عدمه، الدالة التالية تبين خوارزمية الوكيل

```
FUNCTION Simple-Agent-Rabbit(Location, Food-Status)
IF Food-Status=there is food  then   Eat
Elseif Location=Left  then  Move-Right
Elseif  Location=Right  then  Move-Left
return
```

شكل 6.2 : وكيل الإستجابة

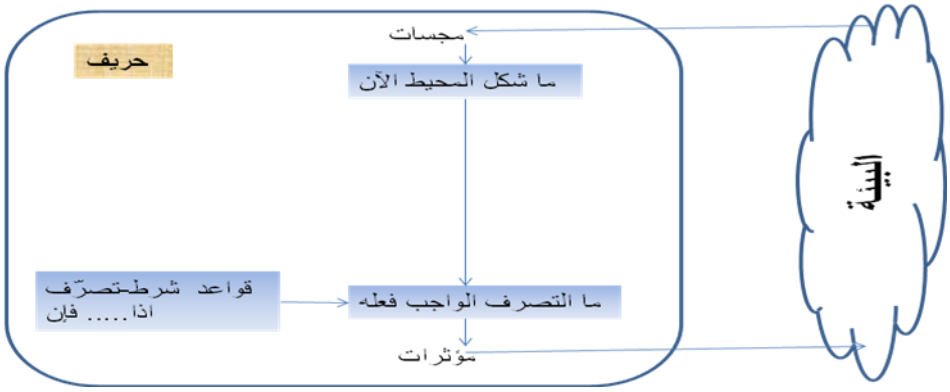


شكل 7.2 : أرنب يبحث عن طعام في قفص ذو شقين

أما فيما يتعلق بوكيل لاعب الكرة الآلي فإنه يبدو واضحا أن خيار بناء الوكيل بواسطة جدول البحث غير وارد، فالمدخلات المرئية من آلة التصوير تأتي بسرعة كبيرة لذا فإن جدول البحث لمدة نصف ساعة فقط سيُشكّل جدولا هائلا جدا، ولكن يمكننا تلخيص أجزاء من الجدول وذلك بملاحظة مجموعة ارتباطات عامه فمثلا إذا اعترضك لاعب في المواجهة فعليك ملاحظة ذلك والبدء بالفرملة، بمعنى أن بعض المعالجة تجري بوحدة الإدخال المرئية لتثبت "الحالة" هناك لاعب يعترض وهذا يعمل على تأسيس رباط في برنامج الوكيل للتصرف "إبداء الفرمله" و يسمى هذا الارتباط قاعدة شرط-تصرف و تُكتب بالشكل التالي:

إذا اعترض لاعب بالمواجهة إذا إبداء الفرمله

لدى الناس الكثير من هذه العلاقات السببية بعضها استجابات مُتعلّمة (كما هو الحال في تعلُّم القيادة) وبعضها ارتكاسات لا إراديه (طرفُ العين إذا لامسها شيء). يُبين الشكل التالي مخطط لوكيل يعتمد الإستجابة البسيطة، موضّحا كيف تسمح قواعد شرط-تصرف للوكيل بالربط بين المدركة والتصرّف.



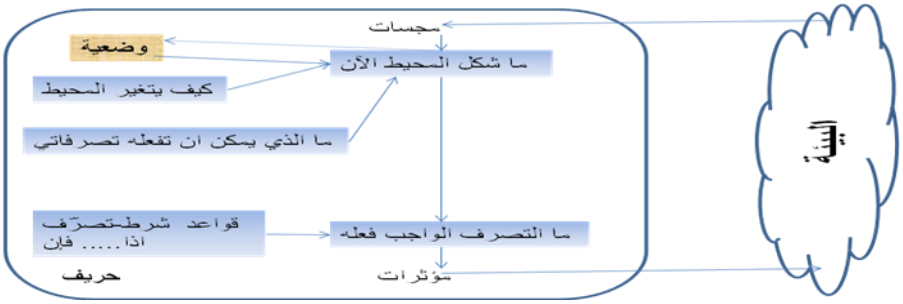
شكل 8.2: شكل تخطيطي لوكيل استجابة بسيط

```
function SIMPLE-REFLEX-AGENT (percept) return action
  static: rules, a set of condition-action rules
  state= INTERPRET-INPUT(percept)
  rule= RULE-MATCH(state,rules)
  action= RULE-ACTION(rule)
return action
```

شكل 9.2: وكيل استجابة بسيط يعمل على إيجاد قاعدة يوافق شرطها الوضع الحالي (كما هو مُعرّف بالمدركة) ثم ينفّذ العمل أو التصرف المرتبط بتلك القاعدة.

2.7.2 الوكيل المعتمدعلى نموذج

وبالعودة إلى مثال لاعب الكرة، يقوم وكيل الإستجابة الذي سبق شرحه بالعمل إذا كان القرار الصحيح يعتمد على أساس المدرك الحالي، فإذا كان الشخص الذي أمامك من عناصر فريقك ابداء بالفرمله كما هو معتاد، ويكون هذا صحيحا إذا كان ممكنا التمييز من نظرة واحدة بين أفراد الفريقين، ولكن للأسف نجد أحيانا صعوبة في ذلك وليس بالإمكان أحيانا معرفة ما إذا كان الشخص المقابل صديقا أم خصما، لذا يجب على اللاعب تكوين نوع من الظرف أو الحالة الباطنية (الداخلية) حتى يمكنه اختيار التصرف، هنا، الحالة الباطنه (أو الظرف) ليست واسعة جدا، فهي تحتاج إلى مجموعة الصور السابقة من آلة التصوير.
الشكل التالي يوضح بُنية وكيل الإستجابة، موضّحا كيفية دمج المُدرك الحالي مع الوضع الداخلي الحالي لإنتاج وصف مُستحدث للحالة الجارية (الحاليّة)، والجزء المهم هنا هو دالة التحديث UPDATE-STATE المسئولة عن إنشاء و صحّة الحالة الداخلية الجديدة، كما تعمل على تفسير المدرك الجديد في ضوء المعرفة الموجودة عن الوضعية، و تستخدم معلومات عن كيفية تطور المحيط لتحفظ سجل تسلسل الأحداث غير المرئية، كما يجب أن تعلم آثار التصرف أو العمل في البيئة المحيطة.



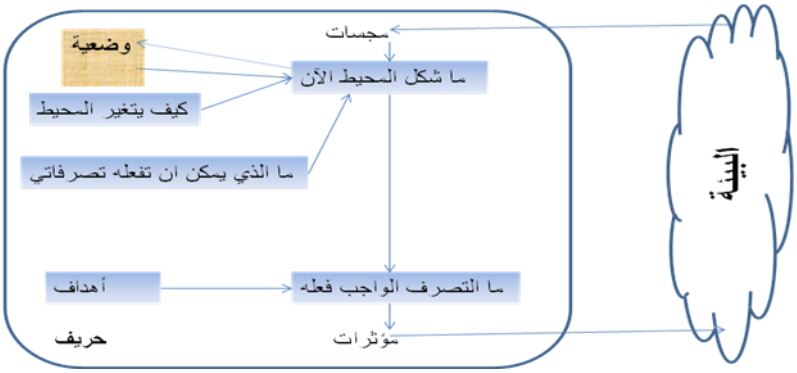
شكل10.2 :وكيل الاستجابة له وضع باطني

```
function REFLEX-AGENT-WITH-STATE(percept)
  static: state, a description of the current world state
          rules, a set of condition-action rules
  state = UPDATE-STATE(state,percept)
  rule   =RULE-MATCH(state, rules)
  action =RULE-ACTION[rule]
   state  =UPDATE-STATE(state, action)
return action
```

شكل 11.2 : وكيل استجابه له ظرف باطني (داخلي)

3.7.2 الوكيل المُعتمد على هدف

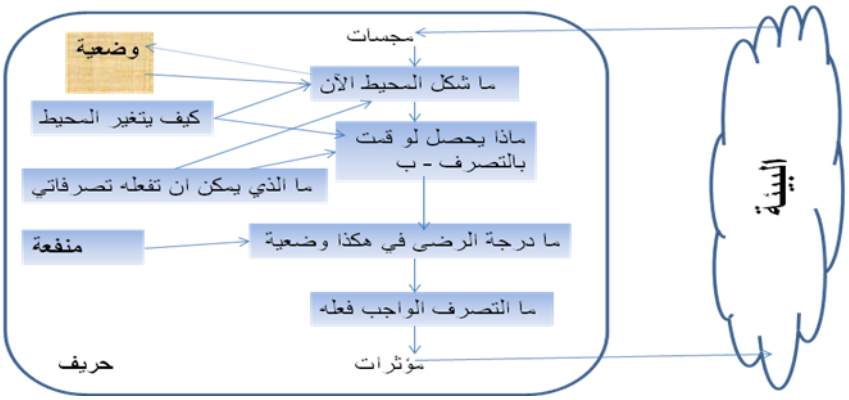
ليس كافيا أن نعرف الوضعية الحالية (الظرف الحالي) للبيئة لتقرير ما يجب عمله، فمثلا عند ذهابنا إلى العمل ووصولنا إلى مفترق طُرُق يجوز لنا أن نتحرك إلى اليسار أو اليمين أو أن نواصل المسير قُدُما، و يعتمد القرار السليم على المكان المقصود الذهاب إليه، بمعنى آخر إضافة إلى وصف الظرف الحالي يحتاج الوكيل إلى نوع من المعلومات عن الهدف والتي تشرح الظروف المرغوبة مثل الوجهة المقصودة، و يجمع البرنامج الوكيل هذه المعلومات بمعلومات عن نتائج أفعال ممكنة حتى يُمكن اختيار التصرف الذي يؤدي إلى الهدف، وفي بعض الأحيان تكون هذه العملية يسيرة عندما نصل إلى الهدف من جرّاء تصرّف واحد ويكون أكثر براعة عندما يتطلّب من الوكيل اعتبار عدة سلاسل من الدوران و الإلتفاف لإيجاد طريقة للوصول إلى الهدف، لاحظ أن اتخاذ القرار من هذا النوع يختلف عن قواعد شرط-تصرُّف التي تم شرحها سابقا وأيضا "هل هذا الإجراء يكون مُرضيا؟ " هذه المعلومات ليست ضرورية في تصميم وكيل الإستجابة المباشرة لأن المُصمّم قدّر التصرف الصحيح لحالات متعددة مسبقا، يُفرمل وكيل الإستجابة حينما يرى شخصا يقترب بمواجهته، الوكيل المعتمد على هدف يُفكّر إذا كان اللاعب الذي أمامه من فريقه فإنه سيخفّض السرعة بغرض التعاون معه، من واقع الخبرة النابعة عن تطور البيئه فإن التصرف الوحيد الذي يُحرز عدم الإصطدام باللاعبين هو الفرمله، ورغم أنه يبدو أن الوكيل المعتمد على هدف أقل كفاءة إلا انه أكثر مرونة، إذا بدأت المطر تُمطر وكان الملعب غير مُغطّى فإن الوكيل يُطوّر معلوماته بحيث تعمل الفرامل بكفاءه ويسبب هذا تلقائيا تغيير السلوك المُصاحب حتى يلائم الظروف الجديدة. و من ناحية أخرى ، ففي حالة وكيل الإستجابة علينا إعادة كتابة عدد كبير من قواعد شرط- تصرف و بالطبع فإن الوكيل المعتمد على هدف هو أيضا أكثر مرونة فيما يتعلق بالوصول الى غايات مختلفة ببساطة إذ أنه بتحديد هدف جديد يُمكن للوكيل المعتمد على هدف أن يبرز بأسلوب جديد، الشكل التالي يبين بنية الوكيل المعتمد على هدف .



شكل12.2 : وكيل له أهداف صريحة

4.7.2 الوكيل المعتمد على منفعة

في الحقيقة أن الأهداف وحدها غير كافية لإنتاج سلوك عالي الجودة فمثلا، توجد مجموعات مختلفة من التصرفات التي قد توصلنا إلى مقر عملنا الذي نقصده كل يوم وبالتالي فهي جميعا تحقق الهدف، لكن بعضها أسرع أو أكثر أمانا أو أكثر موثوقية أو أقل كلفة من غيرها، وتعطي الأهداف تمييزا صريحا بين وضعي "القبول" و "عدم القبول" بينما يجب أن يسمح المقياس الشامل للأداء بمقارنة وضعيات مختلفة في البيئه (أو مجموعة متوالية من الوضعيات) طبقا لمدى القبول والرِّضى الذي تعطيه للوكيل، ومن المُعتاد أن نقول إذا كانت وضعية بيئيه أفضل من غيرها فإنها تمتلك منفعة (فائدة) أكثر للوكيل، لذا فإن المنفعة هي الدالة التي تُنظِّم وضعية في رقم حقيقي يصف مدى أو درجة القبول لدى الوكيل، و تسمح المواصفات الكاملة لدالة المنفعة بقرارات عقلانية في نوعين من الحالات التي تشكّل معضلة في حالة الأهداف: أولا حينما تكون هناك أهداف متعارضة يمكن تحقيق بعض منها مثل السرعة والأمان، وتُعيِّن دالة المنفعة التوفيق الملائم في هذه الحالة، ثانيا، حينما توجد عدة أهداف يقصدها الوكيل ولكن ليس بالإمكان تأكيد أي منها، فتُقدم دالة المنفعة طريقة لموازنة كل من النجاح وأهمية الأهداف. الشكل التالي يبين بنية الوكيل المعتمد على منفعة، و سنشرح في الفصل الخامس برامج للوكيل المعتمد على منفعة حيث سنتفحّص برامج الألعاب التي يجب عليها التمييز بين أوضاع مختلفة من لوحة اللعبة.

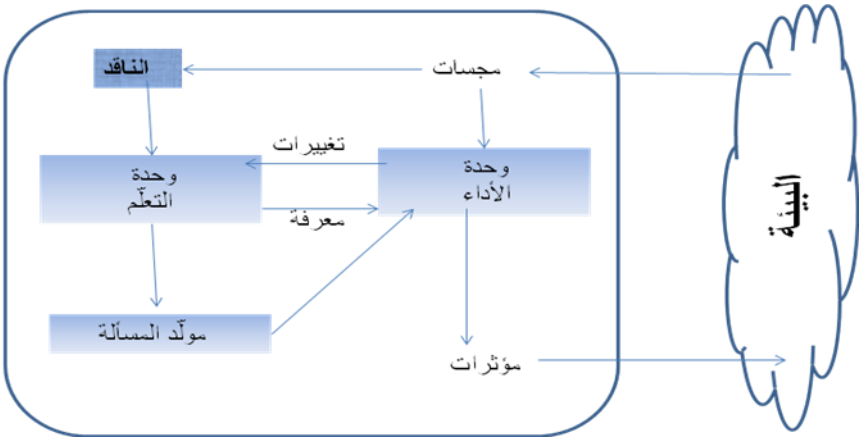


شكل 13.2:وكيل معتمد على منفعة

5.7.2 وكيل التعلم

يمكن تقسيم وكيل التعلم learning agent إلى أربعة أجزاء وهي:

- عنصر التعلم Learning element، وهو المسئول عن تحسين مستوى الأداء
- عنصر الأداء Performance element، مسئول عن التصرفات الخارجية، وهذا العنصر هو ما يشكل كامل الوكيل الذي سبق شرحه، فهو يستقبل المدركات و يقرر التصرفات، ويستخدم عنصر التعلم تغذية راجعة من عنصر النقد critic حول كيفية عمل الوكيل ومن ثم يحدد كيفية تعديل عنصر الأداء للعمل بشكل افضل مستقبلا، يعتمد تصميم عنصر التعلم بشكل كبير على تصميم عنصر الأداء، و عند تصميم وكيل لتعلم قدرات معينة فإن السؤال الأول الذي يصادفنا هو "ما نوع عنصر الأداء الذي يتطلبه الوكيل لإنجاز هذا العمل اذا تعلم كيفية تنفيذه".
- و يعمل الناقد (عنصر النقد)critic على إحاطة عنصر التعلم بكيفية أداء الوكيل استنادا الى معيار ثابت.
- العنصر الأخير هو مولّد المسألة problem generator ، وهو مسئول عن اقتراح تصرفات تُفضي إلى خبرة جديدة ومفيدة

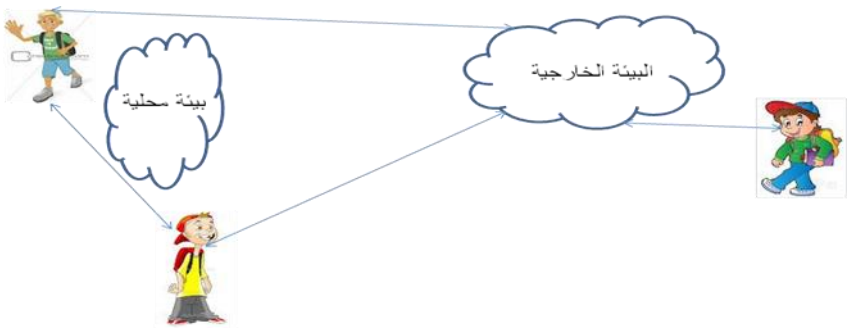


شكل 14.2: وكيل قادر على التعلم

6.7.2 نظام الوكيل المتعدد

يُقصد بنظام الوكيل المتعدد multiagent system عادة مجموعة من الوكلاء البرمجية، ولكن يمكن أن يكون قِن آلي أو فريق من البشر، ومن خصائصه:

1 -الإستقلالية ولو بشكل جزئي
2 -يملك كل وكيل جزئي رؤية محلية، بمعنى أنه لا يوجد وكيل يملك صورة كاملة عن النظام الكُلّي
3 -لا مركزية النظام، فلا وجود لوكيل تحكُّم

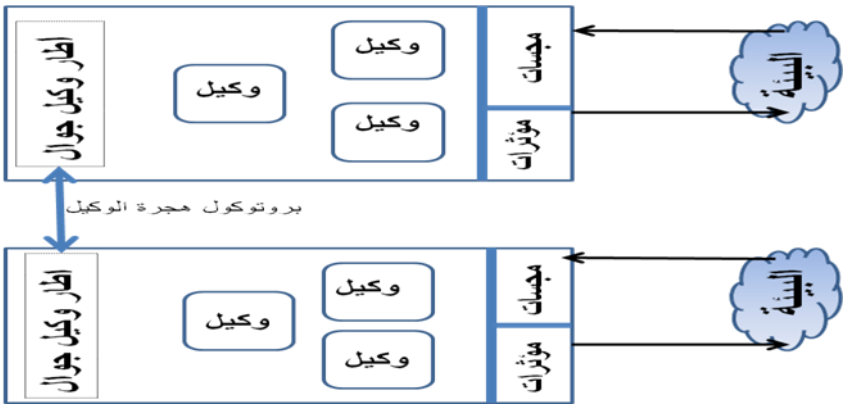


شكل 15.2: نظام متعدد الوكيل

7.7.2 الوكيل الجوّال (المتنقل)

النمط الأخير الذي نستعرضه هو الوكيل الجوال او المتنقل، والذي يتميز بناؤه التنظيمي بقدرة الوكيل على الترحال بين الحواسيب، حيث يحتوي الهيكل التنظيمي على عنصر الحركة الذي يسمح للوكيل بالترحال من حاسوب مضيف الى حاسوب آخر، وهو بالتالي

يقدم بروتوكولا يسمح للحواسيب المضيفة بالتواصل فيما بينها ويسمح للوكيل بالترحال، كما يتطلب هذا الاطار البنيوي نوعا من الامان security والسماحية authentication لتجنب استغلاله ممرا للفيروسات.



شكل 16.2: نمط تخطيطي لوكيل جوال

8.2 البيئة

سنوضّح الآن كيف نقرِن بين كل من الوكيل و البيئة حيث تُعد طبيعة الإرتباط بين الوكيل و البيئه هي نفسها رغم تعدد نوع الوكيل و نوع بيئة العمل: تصرف يحدُث بواسطة الوكيل في البيئة والتي بدورها تُزوِّد الوكيل بمدركات. سنصف الآن الأنواع المختلفة للبيئات و كيف تؤثر في تصميم الوكلاء .

خصائص البيئة:

يمكن تلخيص السمات الرئيسية للبيئة فيما يلي:

- مُدركة تماما أو مدركة جزئيا

إذا منحت معدات الإحساس للوكيل إمكانية الوصول إلى الوضعية الشاملة للبيئة، نقول أن البيئه مُدركة للوكيل و تعتبر البيئة مُدركة بكفاءة إذا تبينت المجسات كل الوجوه المتعلقة بخيار التصرف. إن البيئة الممكنة الإدراك هي في المتناول ولا تحتاج من الوكيل أن يُحافظ (في الذاكرة) على أي وضعية داخلية لمتابعة تغير العالم المحيط، و قد تكون البيئة مدركة بشكل جزئي لأن المجسات غير دقيقة أو أن المدركات غير واضحة أو نتيجة فقد بيانات لأجزاء من الوضعية.

- حتمية أو عشوائية

إذا تحددت وضعية المُحيط القادمة بشكل تام عن طريق الوضعية الحالية و التصرف المُنتقى والمُنفّذ عن طريق الوكيل، فنقول أن البيئة حتمية وإذا كان غير ذلك فنقول أن البيئة عشوائية، من حيث المبدأ لا يوجد قلق لدى الوكيل في البيئة الحتمية-المُدركة و لكن إذا كانت البيئة غير مُدركة كُليّا أو جزئيا فقد تبدو البيئة عشوائية وهذا واقعي إذا ما كانت البيئة مُركّبة، مما يجعل من الصعب ملاحقة مسار كافة الأوجه غير المُدركة، لذا فإنه من الغالب أن نفكر فيما اذا كانت البيئه حتمية أو غير حتمية من وجهة نظر الوكيل، وبهذا المعنى تكون بيئة لاعب الكرة الآلي بيئة عشوائية لأنه لا يمكن التنبؤ بحركة المشاركين في المباراة بالضبط، أما بيئة الأرنب التي تم التعرض لها فهي حتمية .

- عرضية أو متراتبة

في البيئة العرضية تُقسّم خبرة الوكيل إلى "أحداث"، يتكون كل حدث من إدراك الوكيل وتصرّفه وتعتمد جودة تصرُّفه على الحدث فقط لأن الأحداث التالية لا تعتمد على نوع التصرف الذي ظهر في الأحداث السالفة، و تعتبر البيئات العرضيه أبسط بكثير لأن الوكيل لا يحتاج إلى التفكير فيما سيحدث مستقبلا. العديد من مهام التصنيف والتشخيص هي بيئات عرضية، و يحتاج وكيل التشخيص في خط انتاج صناعي عند اتخاذه لقرارعلى القطعة الموجودة حاليا لديه وليس على القرارات السابقة ، وفي مسابقة للشطرنج مؤلفة من عدة العاب فإن البيئة هي أ يضا عرضية.

- ثابتة أو متحركة

إذا تغيرت البيئة بينما لا يزال الوكيل يُداول قراراته فنقول أن البيئة مُتحركة نسبة لهذا الوكيل وإلاّ فإنها ثابتة، ومن السهل التعامل مع البيئة الثابتة لأن الوكيل لا يواصل مراقبة البيئة عندما يقرر التصرف ولا يُعير اهتماما للوقت المُنقضي. إذا لم تتغير البيئة بمرور الزمن بينما أختلف أداء الوكيل فنقول أن البيئة "شبه متحركة"، لذا فإن بيئة لاعب الكرة الآلي مُتحركة حيث أن اللاعبين الآخرين بالإضافة إلى اللاعب الآلي والحكم ومساعديه جميعهم يتحركون، أما لعبة الشطرنج حينما تؤدّى بتحكُّم في الزمن هي شبه متحركة أما أحجية الثمانية فهي ثابتة وكذلك لعبة الكلمات المتقاطعة.

♦ مُنفصلة أو مُتصلة

إذا كان هناك عدد محدود و متميز من مدركات محددة بوضوح و تصرفات نقول أن البيئة منفصلة فلعبة الشطرنج منفصلة حيث يوجد عدد ثابت من الحركات الممكنة والتصرفات في كل جولة، أما بيئة لاعب الكرة متصل-السرعة والموقع و كذلك اللاعبين الآخرين يتحركون خلال مدى متصل من القيم.

لذا فإن أنواعا مختلفة من البيئه تتطلب برامج وكيل مختلفة إلى حد ما للتعامل معها بكفاءة، وأن أصعب الحالات هي غير المُدركة و اللاعرضية (المتراتبة) و المتحركة والمتّصلة، كما أن أغلب الوضعيات الحقيقية مُعقّدة جدا.

♦ وحيدة او متعددة الوكيل

إذا احتوت البيئة على وكيل واحد فهي بيئة وحيدة الوكيل اما إذا احتوت على عدة وكلاء تتفاعل باسلوب تعاوني أو تنافسي فهي متعددة الوكيل.

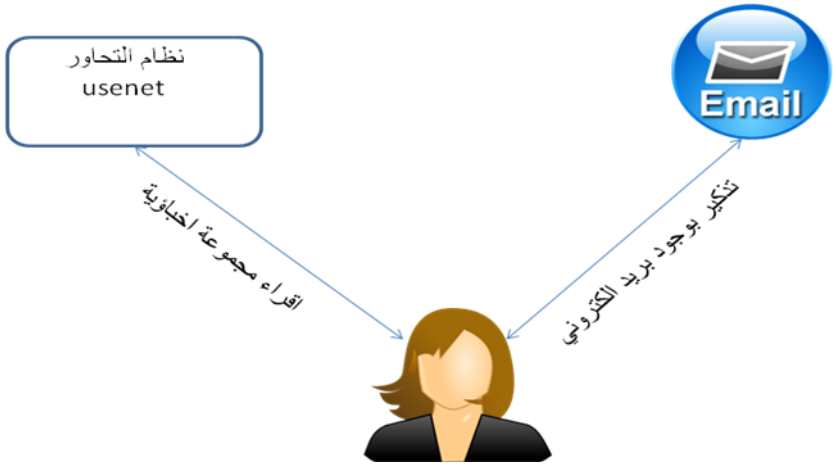
9.2 تطبيقات الوكيل

توجد العديد من التطبيقات للوكيل الذكي نورد فيما يلي بعض الامثلة :

1.9.2 وكيل واجهة المستخدم

يعد وكيل واجهة المستخدم interface agent من اولى تطبيقات الوكيل الذكي، ويهدف الى تقليل حجم المعلومات الذي يعرض على المستخدم حتى تتاح له فرصة التركيز على الأمور المهمة. لنتأمل مثلا احد المستخدمين للبريد الإلكتروني وشبكة تحاور usenet، فعندما يصل بريد الكتروني تظهر ايقونة او صوت تنبيه للإشارة الى وصول بريد الكتروني للمستخدم ويمكن للمستخدم الإطلاع على البريد او ارجائه الى وقت آخر، وقد يراجع هذا المستخدم مجموعات اخبارية على شبكة التحاور للاطلاع على معلومات جديدة حول موضوع معين كما بالشكل 18.2.

للتغلب على مشكلة تدفق المعلومات يعمل وكيل واجهة المستخدم لمساعدة المستخدم في تصفية المعلومات واختيار ما يجب ان يُعرض من بين هذه المعلومات ويحتاج الوكيل ان يعرف حاجات المستخدم حتى يؤدي هذه المهمة بالشكل الصحيح، ويتم ذلك في مرحلة تُعرف بمرحلة التعلم learning حيث يراقب الوكيل تصرفات المستخدم في ظل ظروف مختلفة، فمثلا اذا كان المستخدم يقراء البريد الالكتروني الوارد من مرسل معين فيمكن للوكيل ارسال اشارة وصول بريد من ذلك المرسل.



شكل 18.2 مخطط وصفي يبين استخدام البريد الالكتروني ونظام تحاور

2.9.2 وكيل تجادلي

يعتبر وكيل التجادل أو المحادثة (chatterbot /conversational agent) من اولى التجارب في علم الذكاء الاصطناعي مثل برنامج ELIZA وهو ببساطة إعادة صياغة الجمل المدخلة من طرف المستخدم واحداث تحويلات عليها (في الغالب تُحوّل الى صيغة سؤال).

10.2 لغات بناء الوكيل

يمكن بناء وتطوير الوكيل بواسطة اي لغة برمجة مثل لغة السي او ليسب او برولوج، إلا انه تتوفرعدة لغات مخصصة لبناء وكلاء برمجية وذلك لتبسيط عملية التطوير، وسنناقش بعض اللغات التي يمكن استخدامها لبناء وكيل برمجي

1.10.2 لغة تلسكربت

تعد لغة تلسكربت Telescript من اقدم لغات تطوير وكلاء برمجية بما في ذلك الوكلاء ذات خاصية الهجرة او الترحال ويمكن دمجها مع التطبيقات المدونة بلغة سي C. تحتوي هذه اللغة على عنصرين اساسيين هما الوكيل agent والمكان place، وتمثل في هيئة اصناف classes، وبهما يمكن تطوير اي وكيل جوّال كما تحتوي لغة تلسكربت على ادوات للتحكم في امن الاماكن places ودعم عمليات نقل آمنة للوكلاء الجوّالة (المتنقلة).

2.10.2 لغة آجلتس

تم تطوير بيئة آجلتس aglets في مختبرات شركة آي بي ام في اليابان لدعم عملية بناء وتطوير الوكلاء المهاجرة او الجوّالة باستخدام aglet class

بالاضافة الى places، وتدعم بيئة آجلتس تكوين وكيل و نسخه(تكوين نسخة منه) وازالته (حذفه نهائيا) وغير ذلك من الأحداث.

3.10.2 لغة اوبليك

طوّرت شركة المعدات الرقمية digital equipment corporation لغة اوبليك obliq لتدعم عمليات ترحيل او نقل البرامج عبر شبكات الحاسوب، وتستخدم اللغة تعليمات و أوامر للإنتقال الى مضيف جديد، وينتقل الوكيل بصحبة حقيبة تمثل البيانات التي يمكن حملها الى المضيف الجديد، وعندما يصل الوكيل الى مضيف جديد فإنه يستلم معلومات موجزة تمثل البيانات التي صارت متاحة له بواسطة المضيف بالإضافة الى الوكلاء التي يمكن التعاون معها.

4.10.2 لغة اكس ام ال

تعتبر لغة اكس ام ال XML بيئة برمجيه لتمثيل البيانات data، والبيانات الفوقية meta-data، وتستخدم لغة اكس ام ال عددا من البروتوكولات مثل XML-RPC و بروتوكول SOAP وكلها تستخدم بروتوكول HTTP لنقل البيانات.

5.10.2 لغة الذكاء الإصطناعي AIML

تعتبر لغة AIML عبارة عن مفسر interpreter يستخدم لبناء وكيل نقاش chatterbot وتعد هذه اللغة لهجة مطورة من لغة XML وهي لغة تسمح بتكوين تعريف للبيانات وتحديد معنى وبيئة تركيبية لها . الوحدة الاساسية للمعرفة في لغة AIML تسمى category وهي تحتوي على نمط pattern للادخال و قالب template للاستجابة او الرد، وهذا مثال لذلك:

```
<category>
<pattern> ما هو لون عينيك </pattern>
<template> لون عيني ليس مهما </template>
</category>
```

وتدعم لغة AIML المتغيرات لاستخدامها في تخزين المعلومات المستقاة من المستخدم والتي يمكن دمجها مرة اخرى في الحديث، وتعد لغة AIML اداة جيدة لبناء وكلاء المحادثة والتحاور.

6.10.2 لغة برولوج

ظهرت لغة برولوج Prolog في بداية السبعينات من القرن العشرين في جامعة مرسيليا بفرنسا بواسطة الن كولميرورAlain Colmerauer ، ويعني مصطلح برولوج: البرمجة بالمنطق Programming in Logic ،واشتهرت لغة برولوج بآلية البحث فيها المعتمدة على استراتيجية العمق اولا وسهولة بناء نماذج سريعة للمنظومات، وتستخدم البرولوج جمل قريبة من اللغة الانجليزية لتمثيل الحقائق facts، والقوانين rules للاستنتاج وكذلك طرح الاسئلة.

تمارين

1 - استخدم مفردات من عندك لتقديم تعريفات للمصطلحات التالية: وكيل، وكيل ذكي، الاستقلالية، العقلانية.
2 -ما الفرق بين مقياس الأداء ودالة المنفعة
3 -اشرح البية التي يعمل بها الوكيل في الأمثلة التالية:
   - وكيل لاعب كرة القدم
   - وكيل شراء كتب عبر الشبكة المعلوماتية
   - وكيل قيادة سيارة في مدينة مزدحمة
4 -اشرح تطبيقات الوكيل الجوال، وما هو التطبيق المفضل لديك ولماذا؟