

**AGENTES INTELIGENTES APLICADOS AL
RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES EN EL CAMPO
DE LA AGRICULTURA**

MARIO ANDRES MARTINEZ ORTEGA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS: ELECTRICA, ELECTRONICA,
FISICA Y CIENCIAS DE LA COMPUTACION
INGENIERIA DE SISTEMAS
PEREIRA
2008**

**AGENTES INTELIGENTES APLICADOS AL
RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES EN EL CAMPO
DE LA AGRICULTURA**

MARIO ANDRES MARTINEZ ORTEGA

**Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el
título de Ingeniero de Sistemas y Computación**

**Asesor
Carlos Augusto Meneses
Ingeniero de Sistemas y Computación**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS: ELECTRICA, ELECTRONICA,
FISICA Y CIENCIAS DE LA COMPUTACION
INGENIERIA DE SISTEMAS
PEREIRA
2008**

Nota de Aceptación:

Firma del Presidente Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Pereira, 29 de Octubre de 2008

DEDICATORIA

A mi madre que con su esfuerzo hizo esto posible, a mis hermanos por su apoyo incondicional y finalmente a Dios que nunca me ha desamparado.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a mi familia por el duro esfuerzo que hicieron para que estudiara en esta Universidad, por la paciencia que me tuvieron durante todos estos años de estudio y por la fe que depositaron en mí para ser todo un profesional.

Agradecer a la Universidad Tecnológica de Pereira por recibirme y permitir que mi aprendizaje fuera todo un hecho.

Por último agradecer a mis maestros y compañeros que estuvieron siempre guiándome por el deber, la razón y la perseverancia.

Tabla de contenido

TABLA DE GRAFICOS	9
LISTA DE TABLAS	10
1 PLAN FUNDAMENTAL	11
1.1 NOMBRE DEL PROYECTO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 JUSTIFICACION	13
3.1 JUSTIFICACION ECONOMICA	13
3.2 JUSTIFICACION SOCIAL	14
3.3 JUSTIFICACION TECNICA	14
4 INTRODUCCION	16
5 RESUMEN	17
6 MARCO TEÓRICO	21
6.1 QUE ES UN AGENTE	21
6.2 CÓMO SE CARACTERIZA UN AGENTE	24
6.3 AGENTE INTELIGENTE	28
7 AREAS DE APLICACIÓN	31
7.1 ¿PORQUÉ UTILIZAR AGENTES?	31
7.2 CLASES DE AGENTES	32
7.2.1 Agentes Deliberativos:	32
7.2.2 Agentes Reactivos:	32
7.2.3 Agentes Racionales:	33

7.2.4	Agentes Autónomos:	33
7.2.5	Agente reflejo simple.....	34
7.2.6	Agentes con estado interno.....	35
7.2.7	Agentes basados en metas	38
7.2.8	Agentes basados en utilidad.	39
7.3	PERCEPCIONES Y ACCIONES	41
7.3.1	Mapeo:	41
7.3.2	Mapeo ideal:.....	42
7.3.3	Percepciones.....	43
7.4	CAMPOS DE APLICACIÓN.....	47
	• En Fábricas.....	47
	• En Medicina	47
	• En la Agricultura.....	48
8	DISEÑO DE AGENTES	49
8.1	Arquitectura.....	50
8.2	Programa.....	50
9	AGENTES INTELIGENTES Y RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES. 54	
9.1	Visión	55
9.2	Sensores de visión simples	57
9.3	<i>Sistemas expertos en la agricultura</i>	61
9.4	<i>¿Qué es un sistema experto?</i>	61
9.5	Sistemas de Visión Artificial.....	64
10	PROYECTOS DE VISIÓN ARTIFICIAL VIGENTES	66
10.1	Reconocimiento de objetos deformables (alfaflexibles).....	66

10.2	Esquema para la integración de Sistemas de Visión Robótica	69
10.3	Trabajo Futuro (Cenidet).....	74
11	APLICACIONES DE AGENTES INTELIGENTES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL AL CAMPO DE LA AGRICULTURA.....	76
11.1	Ingeniería de Pos cosecha	77
11.2	Control Ambiental	80
11.3	Maquinaria y Mecanización Agrícola	81
11.4	Ingeniería de Riegos.....	83
11.5	Agentes Inteligentes Aplicados al Reconocimiento de Imágenes	85
11.6	Funciones del Agente Inteligente a la Percepción de Imágenes	87
11.7	Captura.....	87
11.8	Almacenamiento:.....	87
11.9	Análisis:	88
11.10	Manipulación:	88
11.11	Salida y Presentación.....	88
12	CONCLUSIONES	89
13	BIBLIOGRAFIA	91

TABLA DE GRAFICOS

Figura 1. Visión esquemática de un Agente Inteligente	21
Figura 2. Navaja suiza de Parunak representando los conceptos que puede integrar un agente.....	27
Figura 3. Gráfica Agente Reflejo Simple	34
Figura 4. Gráfica Agente con estado interno.....	36
Figura 5. Gráfica Agentes basados en metas	39
Figura 6. Gráfica Agentes basados en utilidad	40
Figura 7 Matriz de Percepción Vs. Acción de la función raíz cuadrada	42
Figura 8. Prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente	44
Figura 9. Problema de las 8 fichas.....	52
Figura 10. Robot Marvin de Technische Universitat München.....	57
Figura 11. Robot Khepera con cámara integrada Imagen cortesía Grupo de Inteligencia Computacional aplicada a Robótica Cooperativa UBA	58
Figura 12. Robot Rastreador – Imagen cortesía Instituto De Educación Secundaria Emérita Augusta	59
Figura 13. Diferentes fonemas consonantes y sus rasgos visuales.....	67
Figura 14. Ejemplo de objetos deformables y sus modelos de alambre	68
Figura 15. Flujo de trabajo Ingeniería Pos Cosecha	77
Figura 16. Flujo de Trabajo Control Ambiental.....	80
Figura 17. Flujo de Trabajo Maquinaria y Mecanización Agrícola.....	81
Figura 18. Flujo de Trabajo Ingeniería de Riegos	83
Figura 19. Flujo de Trabajo de Agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes	85
Figura 20. Digitalización de imágenes para un agente Inteligente	87

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente.....	46
Tabla 2. Mejor opción prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente	47
Tabla 3. Aplicaciones de la visión Artificial.....	74

1 PLAN FUNDAMENTAL

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes en el campo de la agricultura.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Hacer un análisis basado en la recopilación de informes a partir de una investigación sobre agentes inteligentes para la identificación de imágenes en Sistemas de Información Agropecuarios y su incidencia en el desarrollo de soluciones.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar la evolución y desarrollo de empresas del sector agropecuario que han utilizado agentes inteligentes para el mejoramiento de las soluciones informáticas que requieren.
- Recopilar información sobre los agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes por medio de análisis de patrones.
- Analizar la información recopilada y la incidencia de aplicaciones existentes que involucren reconocimiento de imágenes especialmente en el campo agropecuario.
- Elaborar un informe producto del análisis hecho acerca de los agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes en el campo de desarrollo agropecuario.

3 JUSTIFICACION

El sector agropecuario ha tenido la necesidad de crear nuevos sistemas para la recolección de datos con el fin de obtener información útil para el análisis y almacenamiento de los mismos, procesos que optimizan el actual sistema que tienen. Al hacer los estudios por medio del reconocimiento de imágenes, podemos aprovechar todos los recursos disponibles, con material de calidad en cuanto a información se refiere, ya que las imágenes nos pueden proveer más datos útiles que la digitalización de sus cualidades, como se viene haciendo en la actualidad.

3.1 JUSTIFICACION ECONOMICA

Las empresas en el sector agropecuario gastan mucho dinero para la apropiada recolección de sus datos, de tal forma que el proceso puede ser tedioso y lento, lo que conlleva al atraso en la manipulación de su información y futuras pérdidas al momento de administrar sus recursos en cantidad y calidad de sus productos.

Aunque la inversión para implantar tecnología con base en Agentes Inteligentes que utilicen reconocimiento de imágenes puede ser algo grande, sus beneficios a largo plazo pueden subsanar todos esos gastos, entre esas soluciones económicas tenemos:

- Rápida adquisición de datos en el campo agropecuario ya que debido al alto volumen de información en cosechas, adquisición de materiales para producción y almacenamiento variable, es decir, carga que no puede estar almacenada por mucho tiempo debido a su rápida descomposición.
- Manipulación eficiente y eficaz de la información de las bases de datos
- Actualización constante de la información ya que no puede mantener dichos datos por mucho tiempo debido a la alta rotación constante de mercancía hacia las zonas de demanda.

3.2 JUSTIFICACION SOCIAL

- Debido a que la globalización ha provocado un aceleramiento mundial enfocado al desarrollo de aplicaciones y utilización de las tecnologías de la información (TIC's), las demandas cada vez son más altas y los estilos de producción cada vez son más especializados.
- Las competencias, al abarcar más los mercados necesitan formas de optimizar los procesos tanto de producción como de manejo de información, dejando atrás los procesos rudimentarios por ser obsoletos y no aptos para las necesidades del presente.
- Aprovechar la tecnología, genera más desarrollo para organizar y sistematizar los procesos, dando paso al mercado competitivo y a la alta calidad de sus productos.

3.3 JUSTIFICACION TECNICA

Las empresas pertenecientes al campo de la agricultura, se han preocupado por tecnificar sus procesos productivos, pero han dejado de lado la tecnología para tecnificar sus procesos administrativos, razón por la cual no han podido ser conscientes de la necesidad de aprovecharla para dar frutos a un mercado globalizado. Bases de datos, publicidad, mercadeo, presupuestos, son conceptos que muchas empresas realizan a “papel y lápiz”.

En el presente, con la aparición de la Internet, y las redes de datos, que cada vez son más comunes en las empresas, es necesario crear nuevas expectativas para aprovechar al máximo la producción con mínimas pérdidas.

4 INTRODUCCION

A medida que pasan los años, la necesidad de ir creando nuevas formas de obtener información que sea eficiente y eficaz, ha generado que aparezcan nuevos campos de desarrollo, uno de ellos es el que se aplica a los Agentes Inteligentes como forma revolucionaria del software y por ende de los sistemas a los cuales se aplica. No obstante su campo es todavía pequeño, pero según el estudio de muchos investigadores este desarrollo va a generar un gran cambio en la forma de cómo estamos moldeando los sistemas del mundo.

Siendo una materia nueva en el campo de la ciencia, ha despertado gran curiosidad para la investigación ya que muchos han apuntado al estudio de cómo la racionalidad, en este caso autónomo, sería capaz de resolver problemas específicos sin necesidad de tener alguna supervisión por parte del ser humano.

En este documento se plasma la información de cómo en el mundo se utilizan los Agentes Inteligentes para diversos propósitos y con el fin de solucionar muchos problemas que a lo largo de los años se han presentado en diferentes áreas.

5 RESUMEN

En la actualidad, en el tiempo donde la información es considerada como productora de dinero, donde las decisiones son claves resultados de la buena o mala manipulación de esta, surge la necesidad de tener mecanismos que, aparte de facilitarnos la vida, también sean eficientes al momento de implementar una acción o una tarea. Acudimos a los Agentes como gestores de soluciones a nuestros problemas actuales en donde el tiempo no da espera para definir resultados futuros.

Pero ¿qué es un Agente? Desde el punto de vista de un sistema, un agente es un ente que percibe y actúa sobre un entorno buscando una solución a un problema en particular, que siempre estará supervisado, prácticamente un algoritmo ejecutado por la mano del ser humano.

Al ver nuestro mundo como un sistema el cual se compone de funciones específicas realizadas por el ser humano, su complejidad es muy simple, pero, a medida que buscamos soluciones a ciertos problemas, su complejidad cada vez se vuelve más y más grande, es por eso que el solo implementar Agentes limita en gran medida el desempeño de nuestras tareas, primero porque su supervisión es tediosa y segundo porque consume mucho tiempo. Es por esto que nacen los Agentes Inteligentes, sistemas que necesitan de poco o nada de supervisión para realizar una tarea en particular, permitiendo que el tiempo se utilice eficiente y eficazmente.

Aunque el tema de Agentes Inteligentes es muy limitado debido a su pronto apareamiento, sus métodos de aplicación en áreas comerciales ya plantean un próspero crecimiento por la necesidad de implementar nuevas formas de

optimizar los sistemas de recolección de datos para satisfacer las necesidades.

Pero ¿de qué manera los Agentes Inteligentes nos pueden ayudar? Debido a la aptitud multifacética que pueden tomar estos Agentes por su programación y por sus atributos como son: Agentes Reactivos, Agentes Pro-activos y Agentes Sociales es posible en gran medida adoptar sistemas mucho más sofisticados y que permitan que ellos mismos realicen labores autónomamente utilizando sus propiedades que los caracterizan como son: Continuidad Temporal, Autonomía, Sociabilidad, Racionalidad, Reactividad, Pro-actividad, Adaptatividad, Movilidad y Benevolencia permitiendo una gran variedad de aplicaciones a fin de solucionar problemas actuales.

En el transcurso del documento podremos observar que necesidades han surgido en diferentes áreas, especialmente en el campo de la agricultura, pero antes que eso se enfatizará en las definiciones correspondientes como son:

- ¿Qué es un Agente?
- ¿Qué es un Agente Inteligente?
- ¿Cómo se caracteriza un Agente?
- ¿Por qué utilizar Agentes?
- ¿Qué clases de Agentes existen en la actualidad?
- ¿Cómo los Agentes interactúan en el medio?

Para entender más a fondo lo que un Agente es en nuestro mundo, podemos compararlo con los seres humanos, en la forma de que nosotros necesitamos, en primer lugar de un ambiente el cual nos proporciona un medio de sugestión a nuestros sentidos, estos son los receptores que nos

permiten interactuar con ese espacio, acudiendo a unas acciones predeterminadas. De la misma manera ocurre en un Agente, su ambiente es el problema a resolver, sus sentidos son los sensores capaces de percibir los estímulos provocados por ese ambiente y sus acciones es la ejecución del algoritmo programado para solucionar el problema que se le presenta. La capacidad que tienen los Agentes Inteligentes para “aprender” de la situación y del momento en el ambiente para el cual se los necesita nos permite sistematizar mejor las tareas.

En los estudios de mercado realizados actualmente, se confirma que los agentes serán el siguiente paradigma informático más importante en los próximos años, las aplicaciones significativas tendrán la implementación de agentes inteligentes. Muchos productos comerciales afirman ser agentes o knowbots sin serlo, aunque, claro está, no se pueden poner puertas al campo y cualquier sistema que, según el punto de vista de los investigadores, se comporte como un agente, puede serlo. Lo cierto es que la mayoría de los programas actuales que dicen ser agentes son en realidad programas que se ejecutan en el servidor, con mayor o menor habilidad para buscar en la Web, y coger información filtrándola o no; y por supuesto, son incapaces de aprender y de comunicarse unos con otros.

Con este proyecto lo que se desea realizar es un documento el cual nos brinde información reciente acerca de las diferentes tecnologías aplicadas con Inteligencia Artificial, más profundamente en el campo de los Agentes Inteligentes que se basan en el reconocimiento de imágenes por medio del análisis de patrones para el campo de la agricultura.

Primero que todo empezaremos analizando la historia y evolución en lo que se refiere a la utilización de agentes inteligentes y de cómo dichos agentes conllevan a la implementación de la INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA). Más adelante, se mostrará lo que se está haciendo en el mundo con éstas nuevas tecnologías, y terminaremos con reconocer algunas aplicaciones que se han hecho en la actualidad y específicamente en el campo de la agricultura.

6 MARCO TEÓRICO

En este capítulo se sintetiza la teoría de los Agentes Inteligentes como base para el desarrollo de la Inteligencia Artificial, seguiremos con un poco de historia y evolución, y finalizaremos con sus aplicaciones en el campo de la agricultura.

6.1 QUE ES UN AGENTE

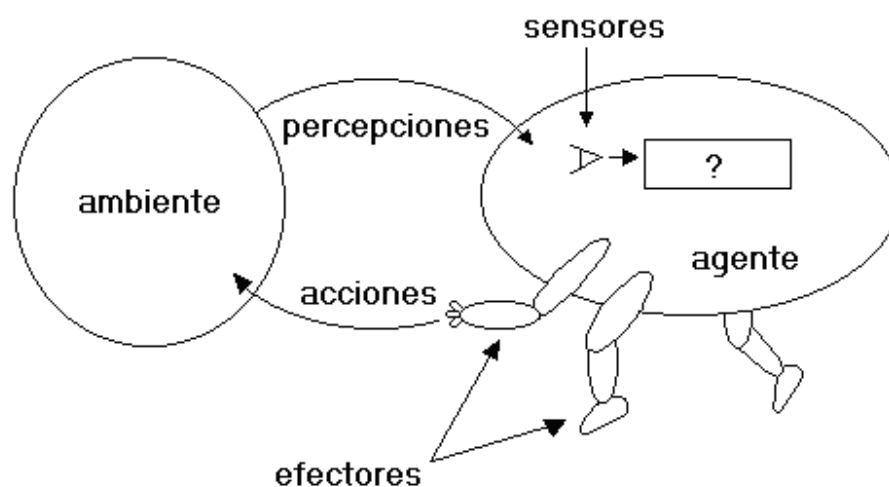


Figura 1. Visión esquemática de un Agente Inteligente

Cuando hablamos de agente, podemos describir varias definiciones con respecto a este tema, aunque sin embargo podemos decir que no siempre han tenido aceptación en comunidades científicas debido a su pronta aparición y a su caso de estudio no tan extenso, aunque, sin embargo

podemos encontrar una definición que hizo Russell en 1996, quien considera que *“un agente es una entidad que percibe y actúa sobre un entorno”*¹. Por lo tanto los casos de estudio se vuelven más entendibles, viendo todo como un sistema en el cual un Agente que depende de su función o su rol, se puede clasificar en Inteligente o no. Para plasmar gráficamente lo que Russell quiso decir lo podemos observar mediante el **Figura 1**.

Analizando la **Figura 1**, rápidamente nos damos cuenta de la interacción entre agente y el ambiente, lo cual demuestra que debido a las percepciones recibidas del ambiente, el agente es capaz de aprender (por eso es inteligente) por medio de pruebas, estas pruebas pueden ser exitosas o de fracaso, de tal forma que en base a un historial se permita realizar las acciones pertinentes para ejecutar cierto proceso, cada vez, con menos errores.

Para centrarnos en esta definición, podemos notar a distintos agentes en concordancia a los diferentes atributos que estos tengan lo que conlleva a la definición de su comportamiento, todo en conjunto para resolver un determinado problema.

Un agente se puede situar en entornos diferentes, cualquiera que sea, siempre será un entorno en particular, y a este entorno se le puede aplicar una función a desempeñar. En nuestro caso dicha percepción hace referencia al hecho de que el agente puede recoger la información para instruirse basándose en el número de acciones o peticiones que nosotros le pidamos que haga, de acuerdo con esto, el agente nos mostrara la función

¹ V.Julian,V.Botti, Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial, Horizonte 2025, 2000

realizada con los parámetros que él ha tratado de encontrar por sus propios medios.

Aunque ésta definición es ambigua porque representa una cantidad de sistemas que propiamente no se pueden tomar como agentes, radica en la idea de tomar a cualquier sistema como un agente, así no esté enfocado en el mismo punto de vista, es pues un punto de partida para que todos los sistemas sean vistos como agentes.

Los agentes son complejos, y además se desarrollan como tecnología para procesos de igual complejidad, es cuestión de saber que los procesos de por sí, hoy en día son abstractos y por ende necesitan soluciones novedosas que faciliten, así sea a largo plazo, los problemas que aparecen con el día a día.

Ahora, cuando se observan los agentes como una recopilación de entes para formar un sistema, nos referimos a lo que se denomina multi-agente [Huhns 1998], dando paso a la interacción de agentes para la resolución de un problema en particular, permitiendo permisos de “escucha y habla” entre ellos mismos, los procesos más habituales como consultas y peticiones proceden a emancipar la comunicación efectiva y selectiva de dichos procesos para tener siempre presente la función de cada uno y así montar el papel que juega el sistema dentro de cada agente. Esta comunicación se realiza mediante un lenguaje de agentes denominado (*ACL –Agent Communication Language*).

6.2 CÓMO SE CARACTERIZA UN AGENTE

Un agente es caracterizado por una serie de calificativos, los cuales vienen a denotar ciertas propiedades a cumplir por el agente. Esto nos lleva a plantear otra definición bastante aceptada de agente donde se emplean tres calificativos que, según, Wooldridge (1995) se consideran básicos. Esta definición ve a un agente como un sistema de computación [Wooldridge1995], entendiendo por flexible que sea:

- **Reactivo**, el agente es capaz de responder a cambios en el entorno en que se encuentra situado.
- **Pro-activo**, a su vez el agente debe ser capaz de intentar cumplir sus propios planes u objetivos.
- **Social**, debe de poder comunicarse con otros agentes mediante algún tipo de lenguaje de comunicación de agentes. Como vemos en este caso, hemos identificado una serie de características que de por sí debe tener un agente.

Atendiendo a esta idea, para poder asociar a una herramienta, el término «agente» debe ser capaz de cumplir los requerimientos anteriormente expuestos. Actualmente, un pequeño porcentaje del SW de propósito general existente, se adapta a dicha definición. Como ejemplo, pensemos en la implementación de un Agente de Información como entidad encargada de reaccionar y actuar frente a un estímulo, en este caso, datos.

Aplicando estas características a un agente de información tenemos: ¿sería reactivo? Podemos pensar que sí a juzgar por el hecho de que el agente debería reaccionar frente a los mandatos que le indicamos, además debe poder reaccionar frente a posibles eventos que le lleguen de una red de datos. ¿Sería pro-activo?, evidentemente que sí, nuestro agente debería auto plantearse su curso de acción para poder realizar todas sus tareas adelantándose a las peticiones de su usuario. Por último debemos pensar si nuestro agente sería social. Esta característica desde nuestro punto de vista no sería básica en una definición general de agente, no obstante, sí que podemos claramente identificar una conducta social en nuestro ejemplo si observamos que debería poder comunicarse con infinidad de recursos en la red y, por qué no, con otros agentes existentes en la misma. Pero, en definitiva, ¿cuáles son las características básicas y de cuales más disponemos para poder calificar a un agente?. Revisemos algunos de los atributos que en la literatura se suelen atribuir a los agentes en mayor o menor grado para resolver problemas particulares y que han sido descritos por autores tales como Franklin y Graesser [Franklin1996], y Nwana [Nwana1996], éstas son:

- **Continuidad Temporal:** se considera un agente un proceso sin fin, ejecutándose continuamente y desarrollando su función.
- **Autonomía:** un agente es completamente autónomo, si es capaz de actuar basándose en su experiencia. El agente es capaz de adaptarse aunque el entorno cambie severamente. Por otra parte, una definición menos estricta de autonomía sería cuando el agente percibe el entorno.

- **Sociabilidad:** este atributo permite a un agente comunicarse con otros agentes o incluso con otras entidades.
- **Racionalidad:** el agente siempre realiza «lo correcto» a partir de los datos que percibe del entorno.
- **Reactividad:** un agente actúa como resultado de cambios en su entorno. En este caso, un agente percibe el entorno y esos cambios dirigen el comportamiento del agente.
- **Pro-actividad:** un agente es pro-activo cuando es capaz de controlar sus propios objetivos a pesar de cambios en el entorno.
- **Adaptatividad:** está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- **Movilidad:** capacidad de un agente de trasladarse a través de una red telemática.
- **Veracidad:** asunción de que un agente no comunica información falsa a propósito.
- **Benevolencia:** asunción de que un agente está dispuesto a ayudar a otros agentes si esto no entra en conflicto con sus propios objetivos.

Estas podrían ser las características básicas del desarrollo de un agente según Wooldridge², sin embargo no se puede definir el grado de la importancia que cada uno de éstos posea, al parecer estas definiciones son las que caracterizan a los agentes a no confundirlos con los programas que hoy en día conocemos.

Ya que varios especialistas en la materia han tratado de explicar el concepto de agente y de su desempeño en el mundo, nos parece interesante la manera en cómo han tratado de simbolizarlo análogamente, tal como ocurre con el Dr. H. Van Dyke Parunak el cual lo describió en su trabajo [Parunak1999], al ver a un agente como una navaja suiza tratando de plasmar de una forma muy básica el desempeño de un agente con diferentes funcionalidades, aunque no podemos afirmar que sea algo tan sencillo debido a su definición tan compleja (Ver **Figura 2**).

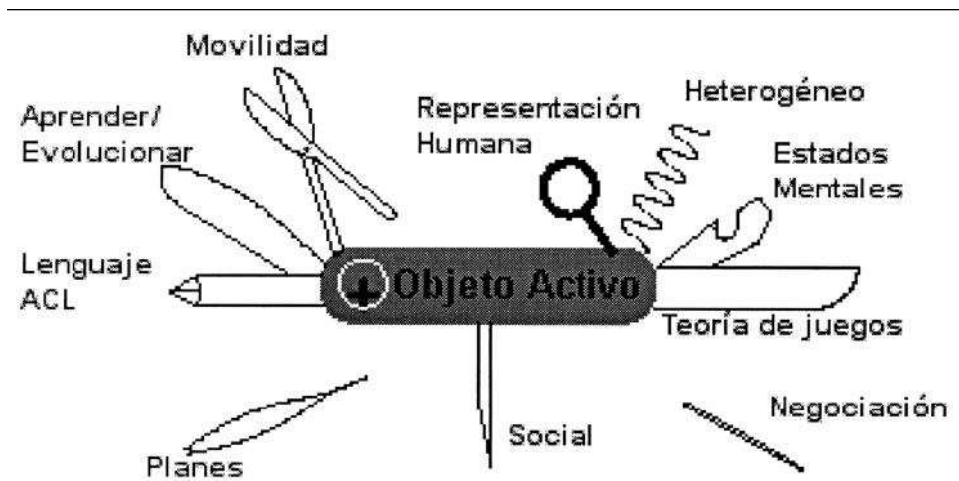


Figura 2. Navaja suiza de Parunak representando los conceptos que puede integrar un agente

² V.Julian,V.Botti, Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial, Horizonte 2025, 2000

La **Figura 2** podría parecer algo normal, pero lo que se trata de representar es la navaja en su estado simple y sus accesorios representan las necesidades de resolver los problemas sin tener cada herramienta por separado permitiendo una mayor cohesión al momento de abordar el tema. De la misma forma ocurre con un agente inteligente, ya que se representa como un ente activo en el que se le puede añadir varios atributos no importando el tipo, y recordando que cada atributo se relaciona entre sí con otro atributo hasta formar una solución a uno o varios problemas.

No obstante, podríamos confundir los agentes con programas comunes y corrientes, es decir, que sólo se dedican a resolver un problema, pero la diferencia parte de la complejidad en la que estos agentes trabajan, a eso agreguemos el auto aprendizaje y la forma de relacionarse con atributos del mismo agente por medio de un lenguaje.

6.3 AGENTE INTELIGENTE

La Inteligencia Artificial apunta al desarrollo de agentes inteligentes. Su enfoque es un nuevo reto a corto plazo y así lo tratan de hacer los investigadores en la materia, ya que su futuro es muy significativo: *“Los agentes inteligentes constituyen el próximo avance más significativo en el desarrollo de sistemas y pueden ser considerados como la nueva revolución en el software”*³.

³ V.Julian,V.Botti, Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial, Horizonte 2025, 2000

Esta frase fue pronunciada por el Dr. Nicholas Jennings en su discurso al recoger el premio al mejor investigador novel del último congreso internacional de Inteligencia Artificial celebrado en Estocolmo (IJCAI'99).

La gran cantidad de interés que despierta esta afirmación tanto a nivel académico como industrial, hacen ver que hay numerosos interrogantes que hay que comenzar a resolver, ¿en qué consiste este nuevo paradigma?, ¿qué es un agente?, ¿cómo se caracteriza un agente?, ¿qué nos ofrece de nuevo? Etc.... Estas preguntas pueden resultar difíciles de responder por lo que el tema está en fases no muy profundas, además es complicado explicar un concepto en el cual no ha surgido un estándar de conocimiento dado la cantidad de diferentes afirmaciones.

“Quizá la mejor forma de poder mostrar de que estamos hablando es por medio de un sencillo ejemplo: supongamos que, como usuarios de Internet, realizamos de forma periódica ciertas operaciones como pueden ser el consultar las noticias de diversos periódicos electrónicos, buscar y obtener ese nuevo artículo de investigación disponible en formato electrónico, comprar un ejemplar de ese libro que no encontrábamos o eliminar aquellos mensajes que nos llegan y que no nos interesan. Para la realización de dichas operaciones, en la actualidad disponemos de una serie de herramientas que realizan dichas labores atendiendo a nuestras peticiones. Imaginémonos ahora que dispusiésemos de una entidad inteligente intermedia entre nosotros y la red que realizase dichas labores y que además fuese aprendiendo de nuestras peticiones, de tal forma que, llegado un momento, pudiésemos encontrarnos con que automáticamente se nos generara un resumen de prensa con las noticias más interesantes para nosotros recogidas y filtradas de los más importantes periódicos electrónicos

existentes; se nos presentase con una periodicidad apropiada el conjunto de nuevos artículos que se han publicado en la red sobre una temática que nos interesa o una lista de libros en los que podríamos estar interesados, de tal forma, que, al decidirnos por alguno de ellos, se nos indicase donde podríamos obtener el precio más económico. Además, se encargaría también de priorizar, ordenar los mensajes de correo electrónico, así como de eliminar automáticamente los que no nos interesasen. Y así podríamos pensar muchas más cosas.

*Esta entidad sería capaz de aprender nuestros gustos y actuar tal y como lo haríamos nosotros, pero adelantándose y realizando tareas que nosotros podríamos realizar si dispusiésemos de más tiempo. Pues bien, dicha entidad se podría considerar como un **agente**; este agente, conocido como **agente de información**, realizaría toda la gestión, de una forma racional, de la información proveniente de Internet para un usuario concreto⁴.*

⁴ V. Julian, V. Botti, Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial, Horizonte 2025, 2000

7 AREAS DE APLICACIÓN

7.1 ¿PORQUÉ UTILIZAR AGENTES?

Debido a la necesidad de construir aplicaciones complejas y abstractas compuestas de varios subsistemas que son capaces de interactuar entre sí, ha generado el marco de la distribución de la inteligencia en diversos agentes.

Para una correcta gestión de un sistema considerado complejo, es útil realizar tareas de agentes y multiagentes ya que permiten una administración inteligente y además coordina los diferentes subsistemas que lo componen e integran objetivos particulares de cada subsistema, todo esto enfocado a puntuar en un objetivo común.

Ya que un agente es un sistema informático situado en un entorno, donde en general existen más agentes, dentro del cual actúa de forma autónoma y flexible, recibiendo información externa y ejecutando acciones para intentar modificar su contexto en el sentido de acercarse a la consecución de los objetivos que tiene marcados, es prescindible encaminar su desarrollo en las aplicaciones futuras como solución a problemas que son considerados complejos.

Los agentes no necesitan de la voluntad del ser humano para poder operar, por ende su autonomía permite más actividad en la rama en la cual se especialice.

7.2 CLASES DE AGENTES

Los agentes pueden considerarse en varias ramas, Agentes Deliberativos, Agentes Reactivos, Agentes Racionales, Agentes Autónomos, Agentes Reflejo Simple, Agentes con Estado Interno, Agentes Basados en Metas, Agentes Basados en Utilidad:

7.2.1 Agentes Deliberativos:

- El agente dispone de un modelo del mundo en el que habita
- El agente dispone de un modelo de los efectos de sus acciones sobre el mundo
- El agente es capaz de razonar sobre esos modelos para decidir qué hacer para conseguir un objetivo

7.2.2 Agentes Reactivos:

- Un agente que vaya por el centro de un pasillo sin chocar
- Un agente que juegue al tres en raya
- Se diseñan completamente y por tanto es necesario anticipar todas las posibles reacciones para todas las situaciones
- Realizan pocos cálculos
- Almacenan todo en memoria

7.2.3 Agentes Racionales:

- Dependen en medida del grado de éxito para alcanzar su objetivo. Los Agentes Racionales poseen un historial el cual le permite guardar sus aciertos y sus fracasos para corregir problemas y realizar el trabajo para realizar los objetivos propuestos
- Dependen del ambiente que los rodea, es decir del número de percepciones que tiene a su alrededor para operar y dar un diagnóstico
- Dependen de las acciones que puedan emprender.

7.2.4 Agentes Autónomos:

- Dado una percepción que genere la acción que maximice su desempeño, en función de:
 - (+) la secuencia de percepciones anteriores.
 - (-) el conocimiento incorporado en el agente.
- Un agente es más autónomo en la medida en que su comportamiento se basa:
 - (+) en el aprendizaje y
 - (-) en el conocimiento incorporado.
- Si las acciones del agente se basan en un conocimiento integrado previamente, no es autónomo.
- Un sistema será autónomo en la medida en que su conducta está definida por su propia experiencia.

7.2.5 Agente reflejo simple.

- Las acciones del agente se establecen en función a una **tabla de percepción → acción**.
- El usar una tabla de consulta explícita está fuera de toda consideración ya que los agentes por medio de su autoaprendizaje acuden a la consulta de sus propias tablas.

Sin embargo, es posible resumir fragmentos de tabla observando ciertas asociaciones entre entradas/salidas que se producen frecuentemente, y haciendo *reglas de condición-acción*, por ejemplo:

Si *el carro de adelante está frenando*, entonces *empezar a frenar*.

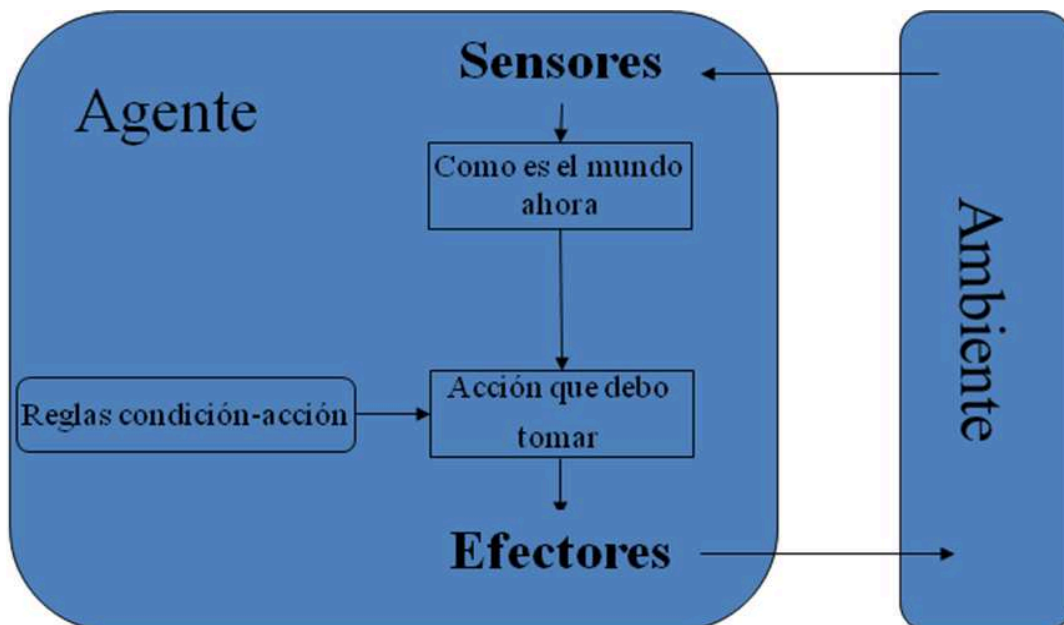


Figura 3. Gráfica Agente Reflejo Simple

En la **Figura 3** observamos la forma en que el Agente interactúa con el ambiente con acciones y reacciones simples, tomando como partida la obtención de datos mediante la utilización de sensores. En el ejemplo del carro los sensores reciben la información necesaria para determinar el punto actual de su mundo, en este caso, el estar pendiente a reaccionar si el carro de adelante enciende sus stop traseros. Si el carro de adelante hace esta acción, los sensores determinan mediante las reglas de condición-acción, reaccionar con el frenado de nuestro vehículo. Obviamente nuestro ambiente es el lugar o espacio en el cual se desarrolla esta interacción.

En términos generales tenemos el algoritmo que ejecuta la realización de un Agente con Reflejo Simple.

Algoritmo:

Función Agente-reflejo-simple (*percepción*) responde con una acción

estática: *reglas*, un conjunto de reglas de condición-acción

estado ← Interpretar-Entrada (*percepción*).

regla ← Regla-Coincidencia (*estado*, *reglas*).

acción ← Regla-Acción[*regla*]

responder con una *acción*

7.2.6 Agentes con estado interno.

- Es un agente reflejo simple, pero que almacena sus percepciones anteriores, por lo tanto tiene ciertos atributos como:
- Tiene memoria
- Agentes bien informados de todo lo que pasa.
- El agente reflejo simple funciona sólo si se toma la decisión adecuada con base en la percepción de un momento dado.
- En ocasiones se requiere mantener cierto tipo de estado interno para estar en condiciones de estar optar por una acción.
- Ejemplo: imágenes de antes y después para detectar cambios.

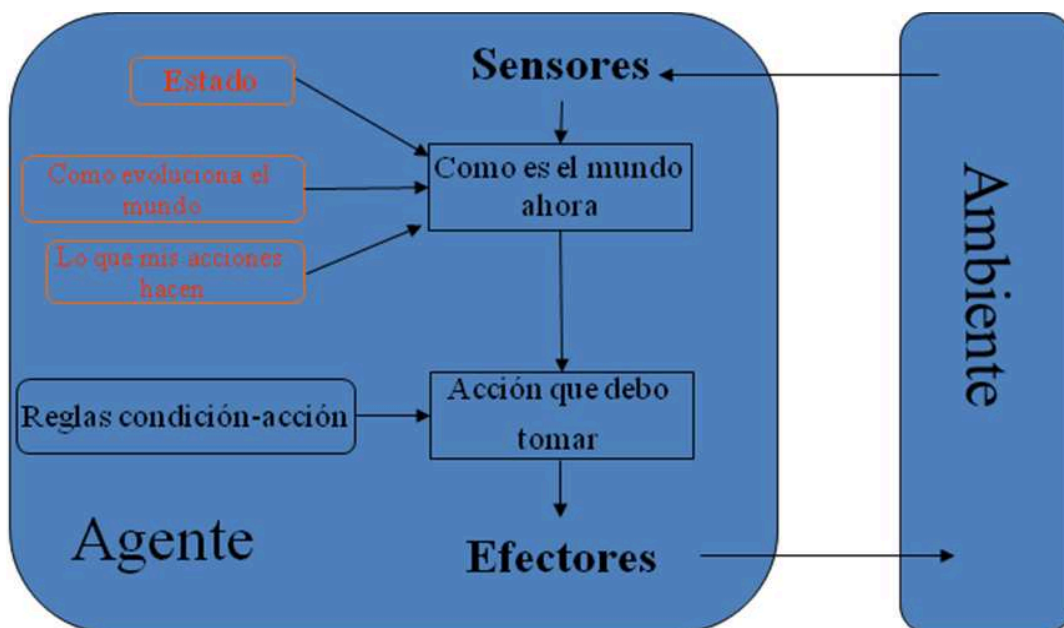


Figura 4. Gráfica Agente con estado interno

En la **Figura 4** nos damos cuenta que tiene relación con la **Figura 3** pero le agregamos 3 conceptos más los cuales hacen determinar el estado de este

Agente. Aplicándolo al ejemplo del carro, éste Agente guarda en un historial los eventos realizados anteriormente, es decir, los cambios que se han presentado a lo largo del suceso, con el fin de valorar las situaciones anteriores con las de la actualidad.

En términos generales obtenemos el siguiente algoritmo:

Algoritmo:

Función Agente-reflejo-con-estado (*percepción*) responde con una acción

estática: *estado*, una descripción prevalectante del

estado del mundo

reglas, un conjunto de reglas de condición-

acción

estado ← Actualizar-Estado (*estado*, *percepción*).

regla ← Regla-Coincidencia (*estado*, *reglas*).

acción ← Regla-Acción[*regla*]

estado ← Actualizar-Estado (*estado*, *acción*)

responder con una *acción*

7.2.7 Agentes basados en metas

- Agente que combina propiedades de los dos anteriores (Agentes Reflejo Simple y Agentes con Estado Interno), pero que tiene una meta a la cual llegar. Necesita **buscar** el mejor camino y **planificar** la secuencia de acciones.
- Para decidir qué hacer no basta con tener información acerca del estado que prevalece en el ambiente.
- Además del estado prevaleciente, se requiere cierto tipo de información sobre su *meta*.
- La *búsqueda* y la *planificación* son sub-campos de la IA que se ocupan de encontrar las secuencias de acciones que permiten alcanzar las metas de un agente.
- Este tipo de agente es diferente a los anteriores, debido a que implica tomar en cuenta el futuro.
- Puede ser más flexible si cambian las condiciones o cambian las metas.

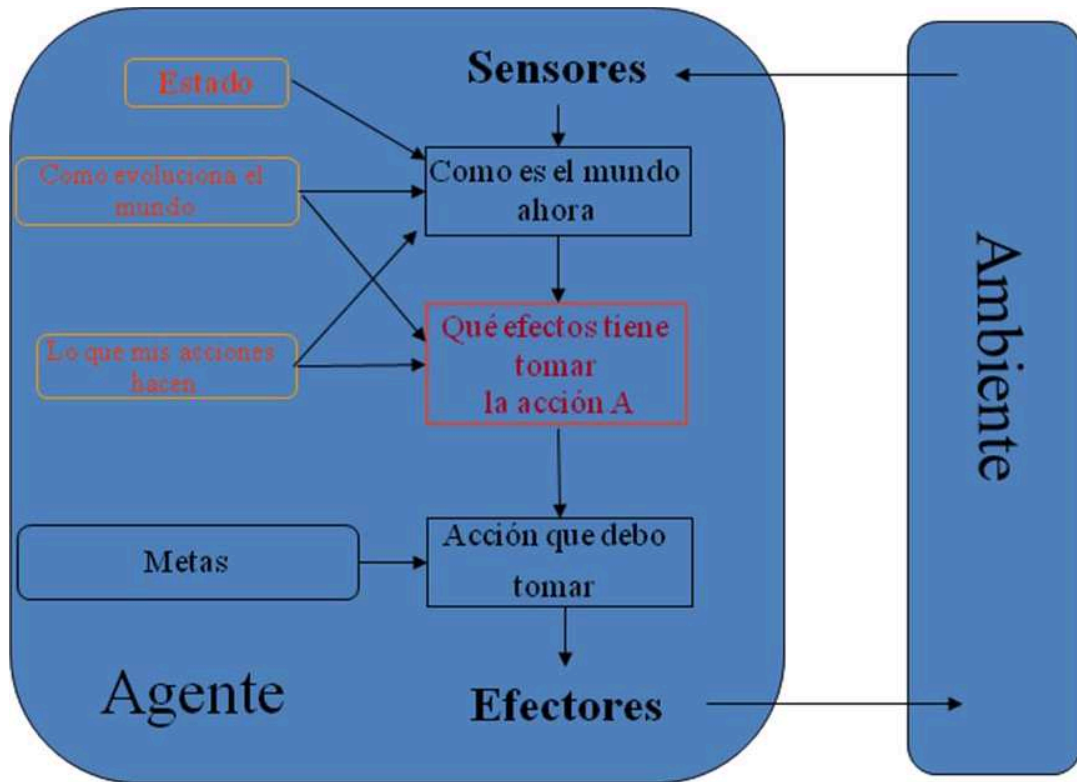


Figura 5. Gráfica Agentes basados en metas

En la **Figura 5** nos damos cuenta que nuestro Agente utiliza la información obtenida anteriormente y que además utiliza la información de las acciones que va a realizar, es decir, la planificación de las consecuencias que obtendría con las reacciones que se harán en un futuro, de esta manera el Agente podrá saber cuál es el mejor camino para tomar una decisión.

7.2.8 Agentes basados en utilidad.

- Son aquellos agentes que tienen **múltiples metas** que cumplir, mide el grado de satisfacción del grado de cumplimiento de sus metas.

- Las metas no bastan por sí mismas para generar una conducta de alta calidad.
- Puede haber muchas secuencias de acciones que permitan alcanzar la meta, pero algunas ofrecen más *utilidad* que otras.

La utilidad es una función que correlaciona un estado y un número real mediante el cual se caracteriza el correspondiente grado de satisfacción

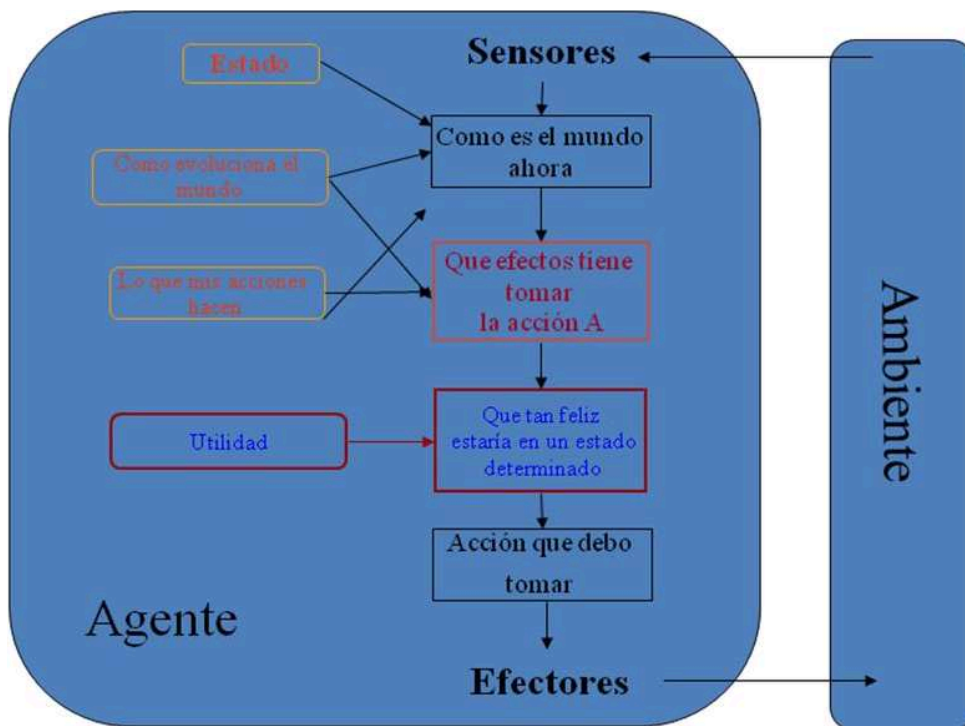


Figura 6. Gráfica Agentes basados en utilidad

En la **Figura 6** el Agente utiliza un modelo del ambiente, junto con una función de utilidad que calcula sus preferencias entre los estados del ambiente. Después selecciona la acción que le lleve a alcanzar la mayor utilidad esperada, entre todos los resultados posibles.

“En todos los casos de posibles percepciones, un agente racional deberá emprender todas aquellas acciones que favorezcan obtener el máximo de su medida de rendimiento, basándose en las evidencias aportadas por la secuencia de percepciones y en todo conocimiento incorporado en tal agente”⁵.

7.3 PERCEPCIONES Y ACCIONES

Las percepciones y acciones que obtenga nuestro agente, delimitara la forma en que concibe el ambiente que lo rodea, de esta manera los agentes pueden determinar las posibles soluciones de acuerdo a problemas particulares para los cuales son programados.

- Las percepciones son captadas por los sensores
- Los efectores van a ejecutar una acción que es devuelta por el ambiente
- Las acciones son racionales y de acuerdo a las percepciones captadas

En este capítulo especificaremos la forma de cómo el agente asimila la información de acuerdo al ambiente que lo rodea.

7.3.1 Mapeo:

⁵ http://www.wiphala.net/courses/intelligent_systems/090666/2006-class/class_22_intelligent_agents.ppt - 2006

Los mapeos son aquellos que logran caracterizar al agente, dependiendo de una secuencia de percepciones, éste responderá con alguna acción lo cual lo podemos representar mediante una tabla o matriz de percepciones vs. Acciones.

Percepción -> Acción

Percepción (x)	Acción z
1.0	1.000000000000000
1.1	1.048808848170152
1.2	1.095445115010332
1.3	1.140175425099138
1.4	1.183215956619923
1.5	1.224744871391589
1.6	1.264911064067352
1.7	1.303840481040530
1.8	1.341640786499874
1.9	1.378404875209022
.	.
.	.
.	.

función raíz cuadrada (x)

```

z ← 10 /*suposición inicial*/
repetir hasta |z2-x| < 10-13
  z ← z - (z2-x)/(2z)
fin
regresar a z

```

Mapeo Ideal del problema (Precisión de 15 dígitos) de la raíz cuadrada

Figura 7 Matriz de Percepción Vs. Acción de la función raíz cuadrada

De acuerdo con la **Figura 7** observamos la forma de cómo logramos caracterizar un Agente mediante la utilización de matrices de percepciones Vs. Acciones.

7.3.2 Mapeo ideal:

Los **mapeos ideales** son los que caracterizan a los agentes ideales. El especificar qué tipo de acción deberá emprender un agente como respuesta a una determinada secuencia de percepciones constituye lo que se denomina *Diseño de un Agente ideal*. El mapeo ideal se produce cuando la

percepción es un número positivo x , y la acción correcta consiste en presentar un número positivo z tal que $z^2 \approx x$, con una precisión de 15 cifras decimales utilizando el método de Newton (**Figura 7**):

- El especificar qué tipo de acción deberá emprender un agente como respuesta a una determinada secuencia de percepciones constituye el diseño de un agente ideal.
- Es aquel mapeo que especifica qué tipo de acción deberá emprender un agente como respuesta a una determinada secuencia de percepciones

$$p_i \rightarrow a_i$$

$$p_1 \rightarrow a_1 \rightarrow p_2 \rightarrow a_2$$

$$p_1 \rightarrow a_1 \rightarrow p_2 \rightarrow a_2 \rightarrow p_3 \rightarrow a_3$$

7.3.3 Percepciones

El comportamiento de una agente dependerá de la secuencia de percepciones en un momento dado

Para entender un poco al respecto del tema de percepciones y mapeos, colocaremos un ejemplo a modo de demostración.

Observaremos la **figura 8** la cual nos muestra una entrada y varias rutas las cuales se enfocan a un determinado fin, encontrarle la zanahoria al conejo.

Primero que todo debemos colocar este problema de modo que el agente comience a identificar el objetivo, para luego realizar una posible solución, puede ser la mejor solución, aunque no siempre. De esto depende que el agente aprenda de las posibles soluciones para su posterior decisión.

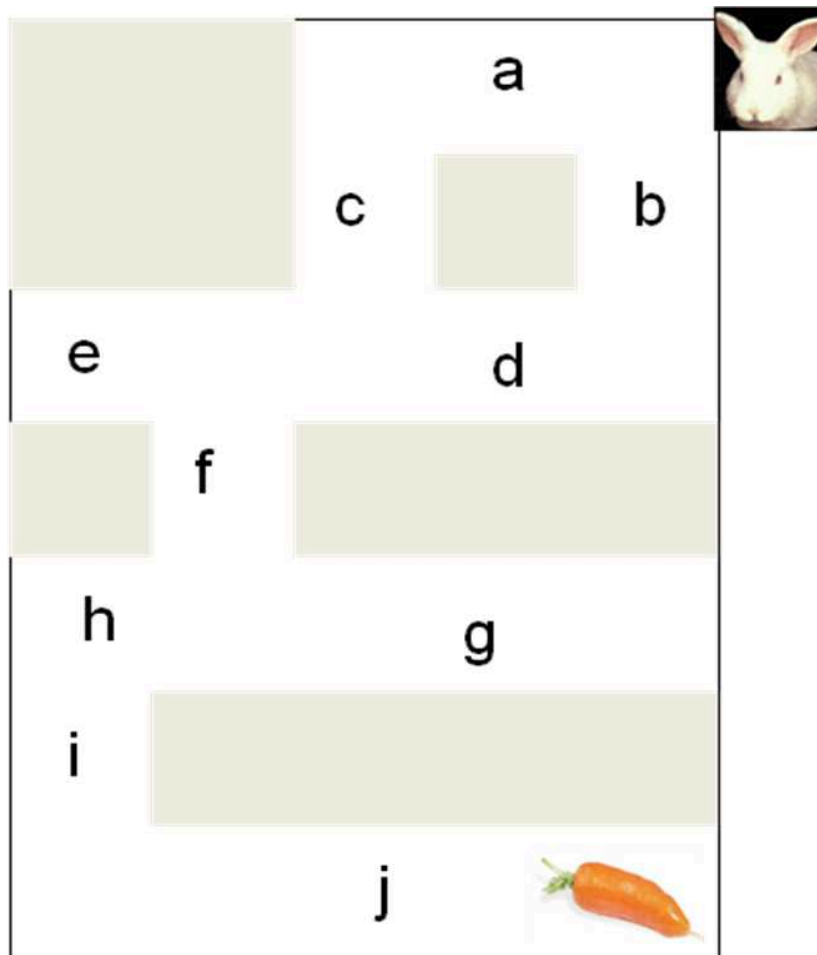


Figura 8. Prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente

Primero que todo debemos realizar el mapeo para alcanzar nuestro objetivo que es ayudarle al conejito a encontrar su zanahoria. Note que cada camino

esta nombrado con una letra del abecedario, puede tener 1 o más caminos y ciertos caminos podrían devolvernos hacia la misma entrada.

1. entrada → a
2. entrada → b
3. a → entrada
4. a → b
5. a → c
6. b → entrada
7. b → a
8. b → d
9. c → a
10. c → d
11. c → e
12. c → f
13. d → b
14. d → c
15. d → f
16. e → c
17. e → d
18. e → f
19. f → d
20. f → e
21. f → c

22.f	→ h
23.f	→ g
24.g	→ h
25.g	→ f
26.h	→ f
27.h	→ g
28.h	→ i
29.i	→ h
30.i	→ j
31.j	→ i
32.j	→ salida

Tabla 1. Prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente

Así sucesivamente hasta encontrar todos los posibles caminos, de tal forma que si nos colocamos a pensar en el camino más corto, es necesario observar el menor número de recorridos posibles, en este caso el camino más corto sería:

1. entrada → a
2. a → c
3. c → f
4. f → h
5. h → i
6. i → j
7. j → salida

Tabla 2. Mejor opción prueba de mapeo y percepción en un Agente Inteligente

7.4 CAMPOS DE APLICACIÓN

Podemos utilizar los agentes como una tecnología que aplica a diversos campos los cuales necesitan de la correcta función y administración para el óptimo desenvolvimiento de sus actividades, dichos campos pueden ser:

- **En Fábricas:** Control de inventarios, adquisición de presupuestos, rápida gestión de administración.
 - **Control de procesos:** Los controladores son por si mismos sistemas reactivos.
 - **Producción:** Por ejemplo a sistemas encargados de las fases de ensamblaje, pintado, almacenamiento de productos, etc.
 - **Control de tráfico aéreo:** Se han desarrollado aplicaciones para el control del tráfico aéreo en aeropuertos como el de Sidney en Australia (OASIS).

- **En Medicina:** Hacer diagnósticos, controlar sistemáticamente a los pacientes, supervisión eficiente, administrar tratamientos y preparar informes estadísticos.
 - **Monitorización de pacientes en cuidados intensivos:** **Agentes** empleados para monitorizar y controlar a pacientes ingresados en unidades de cuidados intensivos.

- **Atención al paciente:** Estos Agentes se encargarían de seguir el tratamiento de un paciente controlando todos los aspectos relativos a la enfermedad que tenga el mismo.
- **En la Agricultura:** Podemos utilizar los agentes como gestor en el proceso de control de plagas, toma de datos, almacenamiento de información, y en todo lo relacionado al manejo de cultivos. En este campo es en el que nos vamos a centrar más adelante.
 - **Gestión de información:** Como por ejemplo el filtrado inteligente de correo electrónico, de grupos de noticias o la recopilación automática de información disponible en la red.
 - **Comercio electrónico:** Se emplea para proporcionar el entorno virtual donde realizar las operaciones comerciales (compra-venta de productos) o también para realizar tareas de búsqueda de productos (comparando precios, consultando disponibilidad del producto) todo ello de manera automatizada.
- **Juegos:** La aplicación de esta tecnología en juegos permite disponer de juegos más sofisticados, con características inteligentes donde se pueden incorporar personajes virtuales que pueden funcionar de forma casi autónoma.
- **Teatro interactivo y cine:** Se permite a un usuario interpretar el papel de un personaje en una obra donde el resto de los personajes pueden ser virtuales.

8 DISEÑO DE AGENTES

Al igual que los seres humanos, los agentes se comportan de manera similar, al proceder como un ente que percibe el ambiente mediante sensores para reaccionar de acuerdo a una secuencia determinada de estímulos. Los seres humanos en su relación como agentes inteligentes tienen: órganos que les sirven como sensores para percibir el ambiente a su alrededor, así como las manos, piernas, boca, ojos, oídos, y otras partes de su cuerpo que les sirven de efectores. En el caso de un agente software, sus percepciones y acciones vienen a ser las cadenas de bits codificadas.

Al hablar de agentes inteligentes nos referimos a Inteligencia Artificial, solo hay que verlo desde el punto de un propósito de diseño, es decir, la inteligencia artificial utiliza agentes inteligentes como motor fundamental para el logro de sus objetivos mediante el mapeo de percepciones que se convierten en acciones, para que posteriormente sea ejecutado en algún dispositivo de programa o de computadora.

Un Agente se compone de una estructura similar a cualquier dispositivo que encontremos hoy en día, si nosotros vemos una tarjeta gráfica, su estructura básica siempre va a ser un programa que realice alguna función específica más una arquitectura que la soporte. Lo mismo pasa con un agente:

Agente = Arquitectura + Programa

8.1 Arquitectura.

Pone al alcance del programa las percepciones obtenidas mediante los sensores, lo ejecuta y alimenta el efector con acciones elegidas por el programa conforme se van generando.

8.2 Programa.

Es un algoritmo que recibe las percepciones del agente y genera una secuencia de acciones.

Para el correcto diseño de un programa agente, es necesario realizar una descripción detallada de lo que se quiere lograr hacer, a ésta descripción se la denomina como **PAMA**. **PAMA** son el conjunto de iniciales de cuatro palabras en las que hemos hablado anteriormente:

- **P**ercepciones
- **A**cciones
- **M**etas
- **A**mbiente

Para entrar en detalle de lo que significa hacer una descripción PAMA, realizaremos una serie de ejemplos:

- **Agente: Sistema de Diagnóstico Médico**
 - Percepciones

- Síntomas, evidencias, y respuestas del paciente
- Acciones
 - Preguntas, pruebas, tratamientos
- Metas
 - Paciente saludable, reducción al mínimo de costos
- Ambiente
 - Paciente, hospital
- **Agente: Robot clasificador de partes**
 - Percepciones
 - Pixeles de intensidad variable
 - Acciones
 - Recoger partes, y clasificarlas en contenedores
 - Metas
 - Poner las partes en el contenedor correspondiente
 - Ambiente
 - Banda transportadora de partes
- **Agente: Resuelve problema 8 fichas (Figura 9)**
 - Percepciones
 - Alguno de los estados
 - Acciones
 - Movimiento de una ficha

- Metas
 - Estado Final
- Ambiente
 - Posición de las fichas.

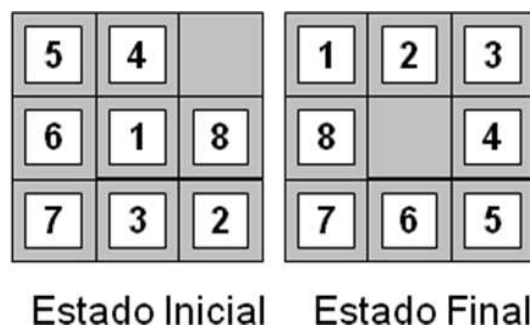


Figura 9. Problema de las 8 fichas

Ahora bien, ya que hemos leído y entendido algunos conceptos básicos sobre lo que son los Agentes Inteligentes aplicados a una tecnología de inteligencia artificial, seguiremos con el proceso de ver cómo es que se aplica al reconocimiento de imágenes, recordemos que un agente se vale de las percepciones para funcionar en el mundo y así ejecutar una acción como posible solución a un problema que en muchos casos se considera complejo y abstracto.

Los seres humanos utilizamos nuestros sentidos para captar el mundo que nos rodea, por ejemplo, para obtener imágenes de dicho espacio utilizamos el sentido de la vista cuya fuente radica en los ojos, para sentir los alimentos utilizamos el gusto cuya fuente es la lengua y así sucesivamente hasta acabar con nuestros cinco sentidos. De igual forma pasa con un agente, al

convertirse en la fusión entre arquitectura más programa. Podríamos decir lo siguiente, o tratar de explicar esto con la siguiente analogía: para un Agente el poder ver sería de la siguiente manera. Primero, sus ojos serían la arquitectura que necesita para poder captar imágenes, en este caso se refiere a un sensor encargado de captar imágenes como una cámara digital, la cual se vale de un lente sensible a la luz para poder realizar dicho fin, su sentido sería el programa que la respalde, aquel código que es capaz de decirle al lente que es lo que tiene que hacer con esa imagen. Así se trata de simular la percepción en el mundo real.

9 AGENTES INTELIGENTES Y RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES

La búsqueda de imágenes, o mejor dicho, obtener buenos resultados en nuestras búsquedas de imágenes siempre ha sido un tema complicado en donde el éxito venía determinado en su mayor parte por la información textual que se hubiera incluido o no en las imágenes.

Hasta hace poco, en el mejor de los casos, la imagen venía acompañada de información adicional que enriquecía y afinaba los resultados de las consultas: metadatos, palabras claves, descripciones, el famoso atributo ALT... información embebida de la que se sirven los motores de búsqueda para saber qué es y qué hay en las imágenes (más allá de otros parámetros que detectan automáticamente fecha, resolución, color, etc). Dado que a medida que ha pasado el tiempo, también han evolucionado los sistemas en los cuales el reconocimiento de imágenes se transforma de ser en solo simples descripciones en Tags (Etiquetas) o textos de títulos de las propias imágenes a pasar en un reconocimiento de situaciones parecidas a unos patrones que consigo lleva guardado.

En los últimos años se viene constatando una creciente demanda en las empresas del sector de las TIC de especialistas en materias como el procesado digital de imágenes, realidad virtual, agentes inteligentes, procesado de lenguaje natural, reconocimiento del habla, traducción automática, etc.

Por otra parte, el desarrollo de sistemas y productos con base a estas tecnologías suele requerir elevadas dosis de ingenio y conocimiento de los

avances en materia de investigación, lo que aproxima la demanda formativa e investigadora propia de un doctorado.

9.1 Visión

El proceso de digitalización de la imagen se realiza mediante unas cámaras de video y una placa digitalizadora encargada de transformar la señal de video a formato digital.

Una vez transformado puede ser procesado y almacenado por el computador.

Es común pensar que es simple lograr que un robot vea lo mismo que nosotros. En realidad esto es muy cierto en el sentido de captura de imágenes, e incluso puede ser mejorada, sobre todo con los últimos avances en electrónica y video que permiten capturar imágenes en un amplio rango del espectro lumínico, rayos X, infrarrojo, o con amplificadores lumínicos que permiten tomar imágenes con mínimas cantidades de luz, que para el ojo humano equivaldrían a una completa oscuridad.

Su complejidad radica en la dificultad que presenta el análisis de estas imágenes, cada imagen es traducida en millones de puntos con diferentes intensidades de luz, para luego ser analizados por el software, para realizar este análisis también debe poder eliminar el ruido en la imagen producto de reflejos, sombras, contrastes, etc.

Una vez que la imagen es depurada se debe separar a los objetos del fondo, identificarlos, diferenciarlos entre sí, determinar si son obstáculos fijos o en

movimiento, etc. Esta tarea asume la forma de millones de cálculos que deben ser realizados rápidamente, esto es así porque el robot se encuentra desplazándose mientras controla el sistema de locomoción, definiendo un plan de acción a cada instante con la realimentación visual. Por consiguiente si el robot se demora mucho tiempo en identificar un obstáculo, la acción correctiva para esquivarlo llegaría demasiado tarde y no podría evitarse la colisión con el mismo.

En la práctica es recomendable minimizar la cantidad de datos a analizar, un método es disminuyendo el grado de exactitud de la imagen.

Si no fuera necesario diferenciar colores se puede usar una cámara monocromática o en el caso de usar una cámara a color debemos transformar la imagen a niveles de grises, luego aplicando ecuaciones de reconocimiento de bordes los Agentes pueden identificar formas, para compararlas con un conjunto de formas almacenadas y así identificar el objeto.

Una buena idea para determinar distancias y obstáculos es usar dos cámaras paralelas simulando la visión estereoscópica humana, de esta manera por una simple triangulación de cada punto de la imagen tomada por cada cámara, se calcula las diferentes distancias. Este método es el utilizado por el robot Marvin de Technische Universität München (**Figura 10**).

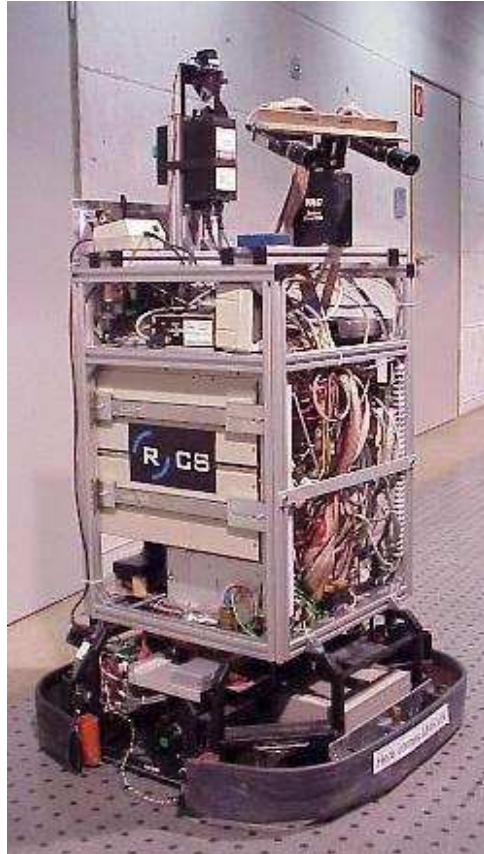


Figura 10. Robot Marvin de Technische Universität München

9.2 Sensores de visión simples

Existen también sensores simples que podemos considerar como de visión. Esto son los sensores infrarrojos, los láser, etc. El objetivo de estos sensores no es reconocer un objeto, sino detectar su presencia y en algunos casos hasta calcular la distancia que lo separa, son muy útiles cuando se necesita evitar un obstáculo. Esta distancia se obtiene mediante el cálculo del tiempo en que tarda el haz lumínico en rebotar contra el objetivo.

Este tipo de sensores también es muy usado en la detección y seguimiento de líneas, como en las competencias robóticas, en donde se debe seguir una

trayectoria marcada por una línea de color sobre el suelo, resultando vencedor el robot que logre recorrerla en el menor tiempo posible.

En este caso se censa la diferencia entre la cantidad de luz reflejada que es proporcional al color de la superficie reflectante, cuando varia la intensidad lumínica significa que el sensor esta desenfocado con respecto a la línea, entonces corrige la trayectoria hasta obtener nuevamente la intensidad lumínica reflectante que representa la línea . Este tipo de robots son llamados rastreador (**Figura 11 y 12**).

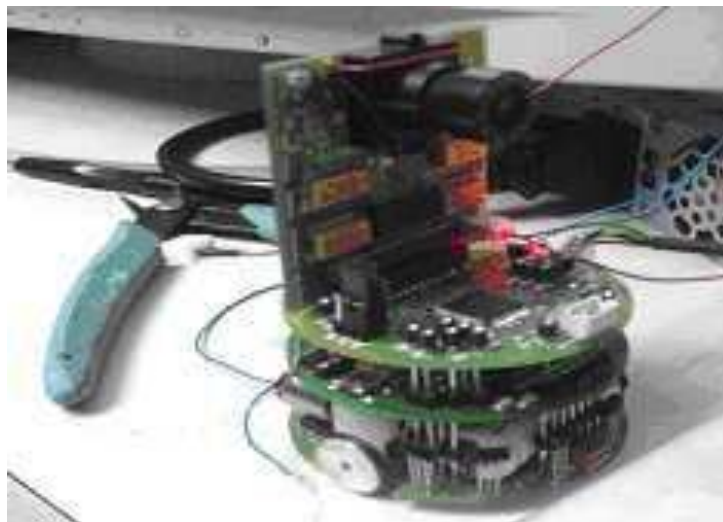


Figura 11. Robot Khepera con cámara integrada Imagen cortesía Grupo de Inteligencia Computacional aplicada a Robótica Cooperativa UBA

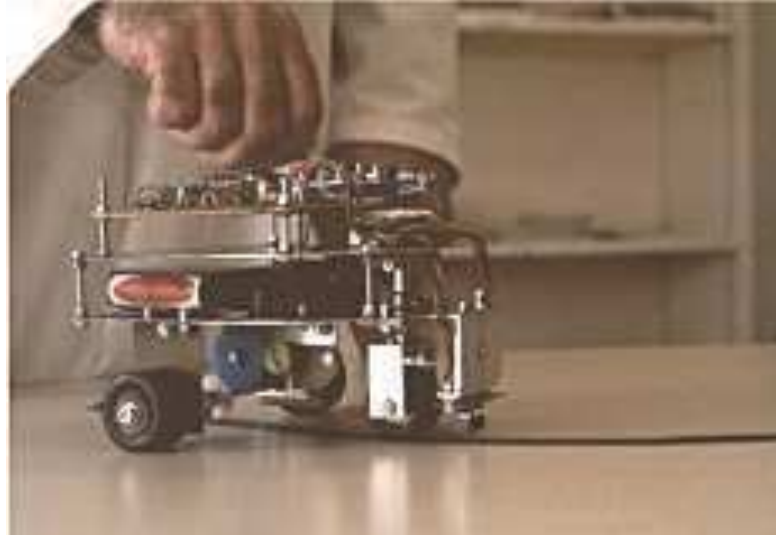


Figura 12. Robot Rastreador – Imagen cortesía Instituto De Educación Secundaria Emérita Augusta

Es fácil darnos cuenta que la evolución en este tipo de sensores ha permitido proyectar un futuro mucho más intrigante, con la aparición de los agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes es posible pensar en prótesis de ojos, lo cual es un gran avance para personas con problemas de visión. Para aterrizar nuestro proyecto, en el campo de la agricultura, el tomar imágenes puede convertirse en una perfecta solución para la cantidad de datos que se toman, ya sea en un control de inventarios a forma de bases de datos por temporada de cosechas, embarque de mercancías, e incluso manejo de información por personal.

En la actualidad, con el reconocimiento de imágenes, se han implementado tecnologías de captura de rostros de personas, información que se convierte en inmejorable con respecto a los datos característicos que actualmente se llevan. Lo mismo pasaría con las frutas y hortalizas en el campo agropecuario. Aunque no nos demos cuenta, cada ejemplar de cualquier tipo

de cosecha es único, claro, con propiedades similares, pero siempre hay alguna característica que es diferente. Al hacer el procedimiento de clasificar mediante la adquisición de imágenes cada fruta, cada verdura o cada hortaliza, etc., podemos, aparte de hacer una mejor distribución de la información, clasificar mejor la mercancía, disponiendo del tamaño, maduración, color, para que así, todo el proceso sea eficaz y eficiente, permitiendo aprovechar mejor los recursos con que se cuentan, ahorrar tiempo y ahorrar dinero.

Varias aplicaciones se han hecho en el campo de la agricultura con respecto a la implementación de agentes inteligentes, entre ellas tenemos:

La naturaleza intrínsecamente compleja, dinámica y no lineal de los sistemas agropecuarios ha requerido siempre las soluciones basadas en técnicas y tecnologías avanzadas, para proporcionar mayor exactitud, una mayor comprensión y soluciones apropiadas. En la actualidad se ha venido impulsando el uso de la inteligencia artificial para proporcionar soluciones a los problemas en sistemas agrícolas complejos de manera eficaz. Adicionalmente la promoción de estas tecnologías así como una disminución de costos está promoviendo las investigaciones en el uso de la Inteligencia Artificial de diversas formas en el sector agropecuario (Farkas, 2003).

Actualmente se realizan diversos esfuerzos a nivel mundial para poder aplicar los conocimientos en IA para el sector agropecuario, dando lugar a diversas conferencias periódicas entre las que se pueden citar el “World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources”, “International Workshop on Artificial Intelligence in Agriculture”, “EFITA Congresses: European Federation for Information Technology in Agriculture”.

9.3 Sistemas expertos en la agricultura

La producción agrícola se ha convertido en un negocio complejo que requiere la acumulación y la integración de los conocimientos y la información de diversas fuentes. Con el fin de seguir siendo competitivos, el agricultor moderno a menudo depende de los especialistas agrícolas y asesores para proporcionar información para la toma de decisiones. Lamentablemente, la asistencia de especialistas agrícolas no siempre está disponible cuando el agricultor necesita. Con el fin de aliviar este problema, los sistemas expertos fueron identificados como una poderosa herramienta con amplio potencial en la agricultura.

9.4 ¿Qué es un sistema experto?

Un sistema experto (ES), también llamado sistema basado en el conocimiento (KBS), es un programa de ordenador diseñado para simular la solución de problemas de comportamiento de un experto en hacer un estrecho principal o la disciplina. En la agricultura, los sistemas expertos se unen la experiencia acumulada de las distintas disciplinas, por ejemplo, plantpathology, entomología, la horticultura y la meteorología agrícola, en un marco que mejor se ocupa de lo específico, sobre el terreno las necesidades de los agricultores. Sistemas expertos combinan la experimentación y la experiencia con el conocimiento intuitivo habilidades de razonamiento de una multitud de especialistas para ayudar a los agricultores en la toma de las mejores decisiones para sus cultivos.⁶

⁶ The Central lab for Agricultural Expert Systems
<http://www.claes.sci.eg/&sa=X&oi=translate&resnum=3&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dagricultural%2Bsystems%2Bartificial%2Bintelligence%26hl%3Des%26client%3Dfirefox-a%26channel%3Ds%26rls%3Dorg.mozilla:es-ES:official%26hs%3D6OG%26sa%3DX>

Aunque estos desarrollos encuentren varios paradigmas debido a la alta complejidad que representa el tratar de reconocer imágenes de cualquier tipo en cuanto a la forma de cómo las capturan (puede ser reconociendo puntos en particular), con las nuevas tecnologías ya es un hecho, aunque presentan un cierto margen de error.

El Cenidet (Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico) es un centro enfocado a la investigación y desarrollo tecnológico, el buscar nuevas formas de solucionar problemas hacen parte de las tareas diarias de este departamento. El reconocer un objeto automáticamente mediante algún tipo de sensor para que posteriormente lo reconozca una computadora se necesita de la presencia de lo que un Agente Inteligente puede ofrecer.

En el Cenidet se han desarrollado diversos trabajos en el área de la visión artificial. Ellos lo han clasificado en dos grupos de investigación y desarrollo: el primero, el cual hacen referencia al reconocimiento y modelado automático de objetos deformables y el segundo, el cual hacen referencia a las aplicaciones de la visión con robótica. Aunque también se están enfocando a la identificación y reconocimiento de imágenes en 2D en niveles de gris aplicados a los rostros.

Sin duda ésta investigación promueve el desarrollo para avances científicos de gran importancia ya que con esto pueden diseñar sistemas más seguros al comparar el rostro como si fuera una huella digital, en el sentido de que son únicos. El rostro es uno de los patrones más comunes en nuestro entorno. Para cualquier persona, aún un niño, su reconocimiento no representa mucha dificultad. La identificación de este tipo de patrones en forma automática representa, aún en nuestros días, uno de los desafíos más fuertes en el área del reconocimiento de patrones. Desde inicios de los 70's se han realizado esfuerzos para la detección automática de rostros en

imágenes [Sakai-72]. En los últimos años este problema ha atraído la atención de muchos investigadores, sin embargo el problema continúa abierto debido a que, en el reconocimiento de rostros, influyen factores como: el estado de ánimo de la persona, la edad, la variación en el peso, la raza, etc., lo cual complica dicho proceso.

De igual forma puede aplicarse a los diferentes productos en el sector agrícola por lo ya mencionado anteriormente, las características son la fuente principal de patrones para que el reconocimiento de la imagen sea efectivo.

De estos trabajos preliminares, se derivaron otros que actualmente están en desarrollo:

- Caracterización automática de rasgos en objetos deformables
- Modelado automático de objetos deformables
- Caracterización de unidades del habla para procesos de reconocimiento visual del habla
- Seguimiento de objetos rígidos en secuencias de imágenes
- Seguimiento de objetos deformables en secuencias de imágenes.
- Reconocimiento de objetos utilizando color y textura.

En el ámbito de las aplicaciones de la visión que interactúen con el entorno, se han desarrollado varios trabajos y otros están en proceso, como son:

- Sistema de visión artificial para la verificación del llenado de recipientes no opacos utilizando redes neuronales artificiales.
- Implementación de una red neuronal holográfica para el control de un brazo Robot.
- Arquitectura multi-agente para el reconocimiento de patrones visuales.
- Esquema para la integración de Sistemas de Visión Robótica.

- Seguimiento de objetos rígidos en secuencias de imágenes.
- Diseño de un sistema de calibración automática para un sistema de visión robótica modular.
- Detallador de tareas para procesos de Visión Robótica.
- Reconocimiento de texturas artificiales, aplicación a la inspección visual.
- Manipulación de un brazo robot articulado con interfaz gráfica

9.5 Sistemas de Visión Artificial

Un sistema de visión artificial (**SVA**) intenta reproducir ciertas funciones hasta ahora atribuibles a organismos biológicos (sistema de visión humano y sistema de visión animal).

Centrándose en los aspectos funcionales, un SVA tradicional está constituido por las siguientes unidades: *adquisición*, *procesamiento*, *segmentación*, *extracción de características*, *representación*, y *clasificación o reconocimiento* (González, 1996). Cada etapa o módulo cumple con una función específica dentro del proceso. De todas las etapas, la segmentación es la que permite agrupar regiones de píxeles con ciertas propiedades. Si la segmentación no se realiza correctamente, en las etapas posteriores (extracción de características y clasificación) será más difícil, por lo general imposible, reconocer a los objetos.

Un objeto segmentado incorrectamente no se puede describir adecuadamente y por lo tanto no se puede clasificar satisfactoriamente.

Tradicionalmente, la extracción de características se realiza sobre las regiones previamente segmentadas (González, 1996), confiando en que las

regiones generadas durante la segmentación son las únicas que pueden contener los objetos de interés.

La problemática del proceso de segmentación se acentúa cuando se pretende reconocer objetos cuyos límites son difíciles de detectar en una imagen, como es el caso de la localización e identificación automática de objetos deformables o de objetos con textura y color.

Aunque parece que sea complicado crear proyectos encaminados al reconocimiento de figuras con objetos deformables, parece ser que en cuestión a la aplicación de productos del sector agropecuario no puede ser de la misma manera, ya que estos productos podrían guardar cierta similitud entre sí, el problema radica en la forma de obtener esa imagen, el llevar el producto a 2D representa cierta pérdida de información respecto al valor de todas sus características, pero será un alivio si pensamos en que se necesitarán aspectos básicos como son el tamaño, el color y su fecha de maduración para poder clasificar la información que necesitamos.

Existen en la actualidad proyectos con respecto a la visión artificial, que se desarrollan a pesar de sus complejidades como son:

- Reconocimiento de objetos deformables
- Esquema para la integración de Sistemas de Visión Robótica

La siguiente información pertenece a las investigaciones hechas por el Cenidet con respecto a los temas mencionados anteriormente:

10 PROYECTOS DE VISIÓN ARTIFICIAL VIGENTES

10.1 Reconocimiento de objetos deformables (alfaflexibles)

Se realiza investigación encaminada a la detección y localización automática de objetos con cierto grado de flexibilidad (alfaflexibles) en imágenes 2D, en particular los rostros humanos y sus componentes.

Se está abordando el problema mediante la integración de técnicas diversas formando un esquema híbrido. Entre las técnicas se incluyen redes holográficas, algoritmos genéticos, sistemas difusos, agentes inteligentes, procesamiento digital de imágenes, reconocimiento de patrones, etc.

Esta investigación tiene los siguientes objetivos:

- Desarrollar un sistema de visión por computadora para la detección y localización automática de rostros y partes de rostros (ojos, nariz, boca) en imágenes 2D.
- Formación de recursos humanos altamente calificados en el área de visión artificial y reconocimiento de patrones, mediante la su integración al grupo de investigación.

A la fecha en el marco de este proyecto se han concluido los siguientes temas de investigación:

- Aplicación de celdas holográficas sobre mapas de detalle para el reconocimiento de rostros, (1998).
- Metodología para el reconocimiento de fonemas en el idioma español mediante percepción visual (1998) (Figura 13).

- Reconocimiento de rostros invariante a expresiones faciales, (1999).
- Análisis de métodos de inferencia estadística, aplicables al reconocimiento de patrones visuales.

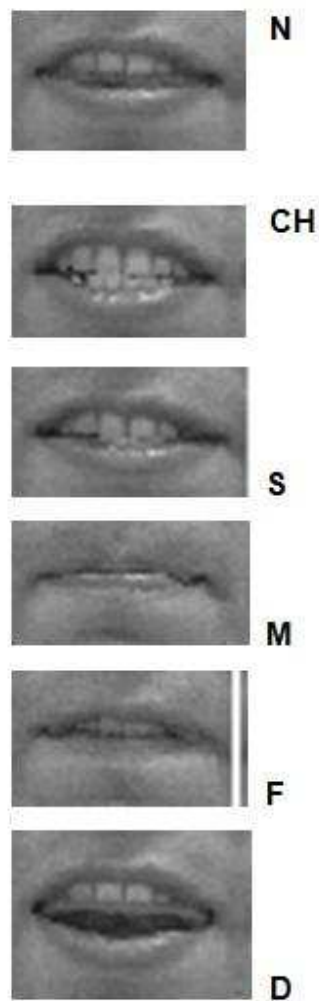


Figura 13. Diferentes fonemas consonantes y sus rasgos visuales

Y se mantienen en desarrollo:

- Seguimiento de objetos Alfaflexibles en secuencias de imágenes.

- Desarrollo de una herramienta para el modelado automático de objetos alfaflexibles (Figura 14).
- Localización de objetos en imágenes en color utilizando textura, aplicación a objetos alfaflexibles.
- Modelado de un subconjunto del lenguaje español (Figura 13).

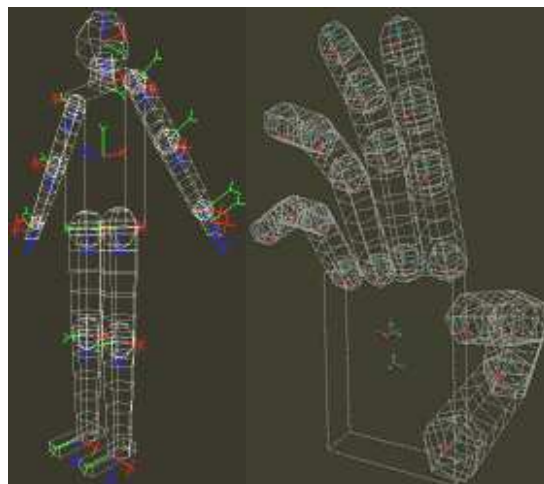


Figura 14. Ejemplo de objetos deformables y sus modelos de alambre

Actualmente se cuenta con una herramienta (desarrollado en el grupo de investigación del Cenidet) que toma como entrada una secuencia de video y a la que se le puede especificar un conjunto de rasgos o características e interés para que la herramienta las localice en la primera imagen de la secuencia y posteriormente cuantifique los cambios que presenten. De esta manera, la herramienta registra todas las variaciones (en los rasgos que se le indicaron) del objetos en la secuencia de estudio. Normalmente un video en NTSC registra 30 cuadros por segundo, para analizar la deformación de un objeto en varios segundos se tendrían que analizar un número bastante grande de cuadros. Con la herramienta de modelado, el experto se limita a indicar cuáles son los rasgos de interés. La herramienta genera como salida dos archivos, el primero contiene todos los datos que registran los cambios

en los rasgos de interés y el segundo archivo contiene el resultado del análisis de los datos del primer archivo. Los datos del primer archivo se denominan datos en bruto o modelo primario; los del segundo archivo datos procesados o modelo depurado. Para procesos de reconocimiento de patrones se utiliza el segundo archivo. Para procesos de graficación y visualización se utiliza el primer archivo.

10.2 Esquema para la integración de Sistemas de Visión Robótica

En este proyecto se pretende responder a la siguiente pregunta:

¿Es posible desarrollar sistemas de visión robótica modulares, con la capacidad de mantener la independencia del sistema de visión y del sistema robótico y aún así poder controlar al robot mediante retroalimentación visual?

Tradicionalmente los sistemas de visión robóticos se han desarrollado pensando en la aplicación deseada. Difícilmente un sistema de éstos podía volver a utilizar o flexibilizarse para realizar otras tareas semejantes.

En el Cenidet se ha estado investigando con respecto a las arquitecturas de visión robótica que permitan la independencia entre los dos sistemas: el robótico y el de la visión.

En esta dirección se han desarrollado y concluido los siguientes temas de investigación:

- Esquema para la integración de Sistemas de Visión Robótica.
- Implementación de una red neuronal holográfica para el control de un brazo Robot.
- Seguimiento de objetos rígidos en secuencias de imágenes.

- Diseño de un sistema de calibración automática para un sistema de visión robótica modular.

Y se mantienen en desarrollo los siguientes:

- Seguimiento de objetos con movimiento libre en secuencia de imágenes.
- Detallador de tareas para procesos de Visión Robótica.
- Reconocimiento de texturas artificiales, aplicación a la inspección visual.
- Manipulación de un brazo robot articulado con interfaz gráfica.

Uno de los últimos desarrollos realizados en este grupo se refiere a cómo determinar la calidad de una textura. Aquí se está considerando que la textura puede presentar diferentes anomalías (variación del color, rotación de los estampados, ruido producido por la digitalización, ruido producido por la iluminación) y que algunas de ellas pueden ser toleradas o aceptables bajo ciertos criterios. El sistema es capaz de determinar si una textura cumple con los criterios de calidad y así determina la aceptación o rechazo del producto con la textura estampada. Estos criterios son flexibles y se determinan de acuerdo a las necesidades del usuario.

Con estos proyectos se están desarrollando herramientas y a la vez se está capacitando a personal de alto nivel para resolver problemas como los que a continuación se indican:

AREA	PROBLEMA	TEMAS APLICABLES
Agrícola	Control y tratamiento de cosechas	Procesamiento digital de imágenes reconocimiento de formas flexibles, manejo del color y textura
	Identificación de enfermedades y parásitos	
	Conteo y cuantificación de la foresta de bosques	
	Valoración de frutas	
	Identificación de polen	
	Valoración de la madurez	
	Identificación de la especie	
	Análisis de maderas	
	Valoración de la producción	
Documentación	Clasificación del correo	Procesamiento digital de imágenes Reconocimiento de caracteres impresos y manuscritos
	Digitalización de documentos	
	Traducción de documentos escritos	

	Identificación de documentos y/o personas	
Industrial	Automatización de procesos de producción	Automatización y uso de arquitecturas flexibles de visión robótica
	Componentes	Procesamiento digital de imágenes
	Circuitos integrados	Reconocimiento de formas y visión artificial
	Cuero	
	Papel	
	Conteo partículas	
	Circuito impreso y puntos de soldadura	
	Acero	
	Textiles, Madera	
	Reconocimiento de partes y su orientación	
	Control de proceso	
Metrología	Conteo automático de células	Procesamiento digital de imágenes
	Conteo de partículas	Reconocimiento de objetos rígidos, en algunos casos objetos deformables

	Medición de parámetros de fenómenos físicos	Seguimiento de objetos
	Determinación de volúmen	Caracterización de objetos deformables
	Cálculo de Espesor	
	Caracterización de cepas	
Industria de alimentos	Clasificación de alta velocidad	Procesamiento digital de imágenes
	Inspección de contaminantes	Reconocimiento digital de imágenes
	Textura y color	Reconocimiento de objetos rígidos, en algunos casos objetos deformables
	Etiquetado	Seguimiento de objetos
	Acabados	Caracterización de objetos deformables
	Validación de fechas de caducidad	Cuantificación de parámetros
Usos diversos	Publicidad	Modelado automático de objetos
	Cheques bancarios	Procesamiento digital de imágenes
	Lectura de códigos de barra	Reconocimiento de formas
	Verificación de fechas de caducidad	
	Verificación de papel moneda	

	Identificación y verificación de la firma	
	Verificación de sellos	

Tabla 3. Aplicaciones de la visión Artificial

Podemos apreciar el innumerable despegue que ha provocado la implementación de estos diseños, esta diversidad de aplicaciones a generado un crisol de herramientas por parte de varios desarrolladores lo que produce un vasto campo de elección de acuerdo a las necesidades de cada campo.

Según Cenidet hay proyectos a futuro que podría solucionar aún más los posibles problemas a los cuales todavía no se han podido encontrar un camino eficiente y eficaz.

10.3 Trabajo Futuro (Cenidet)

Las líneas de investigación que actualmente se están impulsando en el Grupo de Visión Artificial del Cenidet, se enfocan a desarrollar herramientas y conocimientos clásicos y novedosos para ofrecer soluciones reales al entorno de nuestra región. Se espera que en breve se cuente con una herramienta capaz de configurarse para establecer celdas de manufactura flexibles donde la visión artificial forma parte fundamental. De igual forma se espera que la herramienta permita la automatización de procesos de inspección visual bajo condiciones de problemas diversos y tipos de objetos diversos.

Paralelamente, en el proceso de investigación, se forman con habilidades de investigación ya que participan de manera directa y activa en el desarrollo de estos conocimientos y herramientas. De esta forma se capacita, desarrolla y se ofrecen soluciones reales a problemáticas reales⁷.

⁷ Aplicaciones de la Visión Artificial - Dr. Raúl Pinto Elías – Versión disponible en internet - <http://www.plazacolima.com/tecnoplaza/iartificial/Visionapl.pdf>

11 APLICACIONES DE AGENTES INTELIGENTES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL AL CAMPO DE LA AGRIGULTURA

Como ya hemos mencionado anteriormente, los agentes inteligentes son el motor fundamental para aplicar inteligencia artificial. En el campo de la agricultura aparece un amplio espacio para desarrollar este tipo de tecnología lo cual favorecería a hacer procesos mucho más rápidos y más eficientes. Es tal la aceptación por parte de la comunidad científica que se han hecho constantes congresos y reuniones de este tipo para informar y proyectar las últimas novedades con respecto a las aplicaciones que se han ido desarrollando, incluso sacan continuamente journals como "*Agricultural Systems*", "*Computers and Electronics in Agriculture*", "*Biosystems*", "*Biosystems Engineering*" que son algo así como artículos o publicaciones de gente interesada en dar a conocer sus investigaciones.

Algunas aplicaciones de este tipo en el campo de la agricultura son las siguientes de acuerdo a las investigaciones hechas por José Ricardo Bustos Molina en un seminario de investigación en el año 2005:

11.1 Ingeniería de Pos cosecha

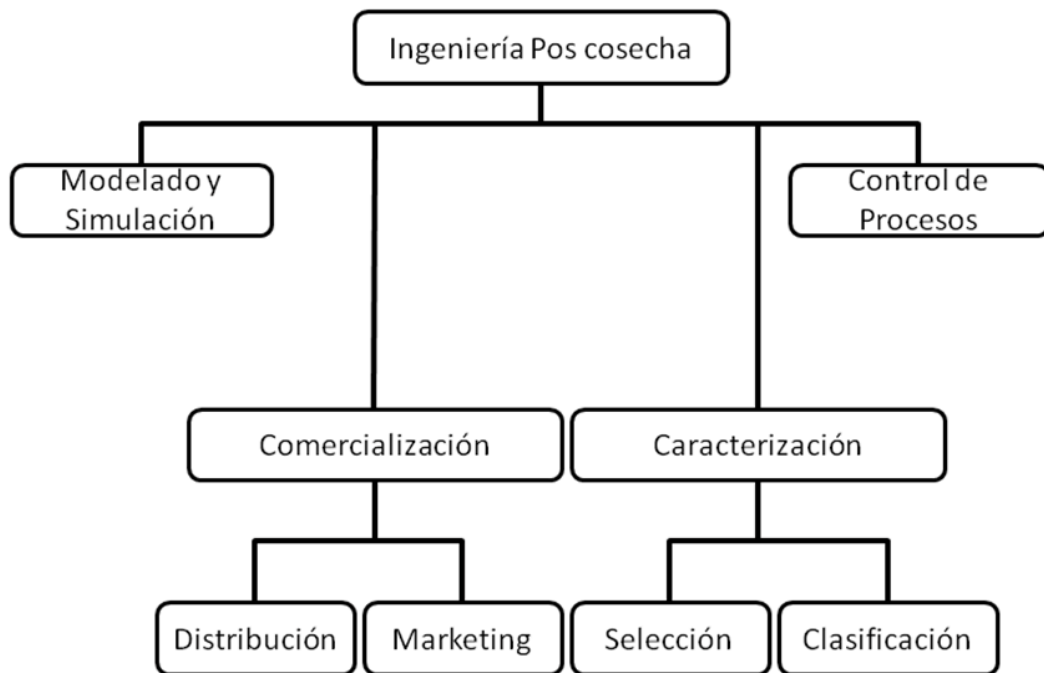


Figura 15. Flujo de trabajo Ingeniería Pos Cosecha

La aplicación de la IA para el modelado y la simulación de procesos industriales y fisiológicos de productos agropecuarios es un campo que se está empezando a abordar en la actualidad, algunos de los trabajos realizados en esta área son un modelo de control de predicción para procesos industriales de evaporación por medio de redes neuronales⁸, una red neuronal topológica para el modelado de secado de granos⁹, Modelado y optimización de temperatura en procesos térmicos usando redes neuronales y algoritmos genéticos¹⁰, una simulación de daños a Melocotones en una

⁸ Benne, M.; Grondin- Perez, B.; Chabriat, J.-. & Herve, P. (2000), 'Artificial neural networks for modelling and predictive control of an industrial evaporation process', *Journal of Food Engineering* 46(4), 227–234

⁹ Farkas, I.; Remenyi, P. & Biro, A. (2000), 'A neural network topology for modelling grain drying', *Computers and Electronics in Agriculture* 26(2), 147–158

¹⁰ Chen, C.R. & Ramaswamy, H.S. (2002), 'Modeling and optimization of variable retort temperature (VRT) thermal processing using coupled neural networks and genetic algorithms', *Journal of Food Engineering* 53(3), 209–220.

línea de transporte¹¹, y una simulación de un proceso de secado de *Echinacea Angustifolia* con redes neuronales¹².

Las aplicaciones de la IA en la comercialización de productos agropecuarios es un campo con poco trabajo, para la distribución de alimentos se tiene reportado el desarrollo de solamente un sistema experto prototipo¹³, para el mercadeo de productos agropecuarios se pueden mencionar, un sistema que pronostica series de tiempo de ventas para productos perecederos usando redes neuronales y computación evolutiva¹⁴, un sistema multi- agente para el apoyo de negociaciones en la comercialización de granos¹⁵

La utilización de la IA para la caracterización de productos agropecuarios es uno de los campos con mayor trabajo debido a su gran importancia, para la selección y clasificación de productos se pueden mencionar los siguientes trabajos; un sistema de clasificación de Manzanas por tamaño que usa redes Bayesianas, redes neuronales y lógica difusa¹⁶, un sistema para la clasificación de carnes en el Reino Unido mediante el uso de luminosidad y tres diferentes algoritmos de IA¹⁷, un sistema de inspección automática de calidad de arroz de acuerdo al contenido de proteína mediante el uso de

¹¹ Bielza, C.; Barreiro, P.; Rodríguez-Galiano, M.I. & Martín, J. (2003), 'Logistic regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line', *Computers and Electronics in Agriculture* 39(2), 95-- 113.

¹² Erenturk, K.; Erenturk, S. & Tabil, L.G. (2004), 'A comparative study for the estimation of dynamical drying behavior of chinacea angustifolia: regression analysis and neural network', *Computers and Electronics in Agriculture* 45(1-3), 71--90

¹³ Singh, N. (2004), 'Expert system prototype of food aid distribution', *Journal of the American Dietetic Association* 04(Supplement 2), 53-- 53

¹⁴ Doganis, P.; Alexandridis, A.; Patrinos, P. & Sarimveis, H. (2005), 'Time series sales forecasting for short shelf-life food products based on artificial neural networks and evolutionary computing', *Journal of Food Engineering* In Press, Corrected proof, --.

¹⁵ Goel, P.K.; Prasher, S.O.; Patel, R.M.; Landry, J.A.; Bonnell, R.B. & Viau, A.A. (2003), 'Classification of hyperspectral data by decisiontrees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn', *Computers and Electronics in Agriculture* 39(2), 67--93

¹⁶ Shahin, M.A.; Tollner, E.W. & McClendon, R.W. (2001), 'AE-- Automation and Emerging Technologies: Artificial Intelligence Classifiers for sorting Apples based on Watercore', *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(3), 265--274

¹⁷ Diez, J.; Bahamonde, A.; Alonso, J.; Lopez, S.; del Coz, J.J.; Quevedo, J.R.; Ranilla, J.; Luaces, O.; Alvarez, I.; Royo, L.J. & Goyache, F. (2003), 'Artificial intelligence techniques point out differences in classification performance between light and tandard bovine carcasses', *Meat Science* 64(3), 249--258

técnicas de visión computacional¹⁸, un sistema para la clasificación de Manzanas por medio de su consistencia usando diferentes algoritmos de clasificación como por ejemplo redes neuronales¹⁹, la autenticación de jugos fermentados de uvas blancas por medio de sensores de aroma, Transformadas de Fourier (IR) y espectrometría (UV) usando algoritmos genéticos, sistemas expertos y clasificación multi variable²⁰, una revisión de las diferentes aplicaciones de sistemas de visión de computadora por medio de tomografía para evaluar propiedades físicas de la comida²¹, una base de datos de propiedades físicas de materiales provenientes del sector agropecuario como apoyo a sistemas inteligentes basados en casos²², una revisión de literatura de técnicas de aprendizaje usadas para el uso de visión de computadora para la evaluación de calidad de comida²³.

El uso de la inteligencia artificial en el control de procesos es amplio, sin embargo en los últimos años no se ha venido realizando una gran cantidad de esfuerzo por lo que se reportan muy pocos trabajos entre los que se puede mencionar, un sistema de razonamiento cualitativo para la administración integrada de la calidad en procesos de almacenamiento de grano mediante el uso de sistemas expertos²⁴, un sistema de monitorización de calidad de leche usando espectroscopia infrarroja²⁵.

¹⁸ Kawamura, S.; Natsuga, M.; Takekura, K. & Itoh, K. (2003), 'Development of an automatic rice-quality inspection system', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 115--126

¹⁹ Moshou, D.; Wahlen, S.; Strasser, R.; Schenk, A. & Ramon, H. (2003), 'Apple mealiness detection using fluorescence and selforganising maps', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 103--114

²⁰ Roussel, S.; Bellon-Maurel, V.; Roger, J. & Grenier, P. (2003), 'Authenticating white grape must variety with classification models based on aroma sensors, FT-IR and UV spectrometry', *Journal of Food Engineering* 60(4), 407--419

²¹ Abdullah, M.Z.; Guan, L.C.; Lim, K.C. & Karim, A.A. (2004), 'The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food', *Journal of Food Engineering* 61(1), 125--135

²² Nesvadba, P.; Houska, M.; Wolf, W.; Gekas, V.; Jarvis, D.; Sadd, P.A. & Johns, A.I. (2004), 'Database of physical properties of agrofood materials', *Journal of Food Engineering* 61(4), 497--503

²³ Du, C. & Sun, D. (2005), 'Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review', *Journal of Food Engineering* 72(1), 39--55

²⁴ Fleurat-Lessard, F. (2002), 'Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach', *Journal of Stored Products Research* 38(3), 191--218

²⁵ Shuso Kawamura, M.K. (2004), Milk-Quality Monitoring By Near- Infrared Spectroscopy For Artificial Intelligence In Dairy Farming, in

11.2 Control Ambiental

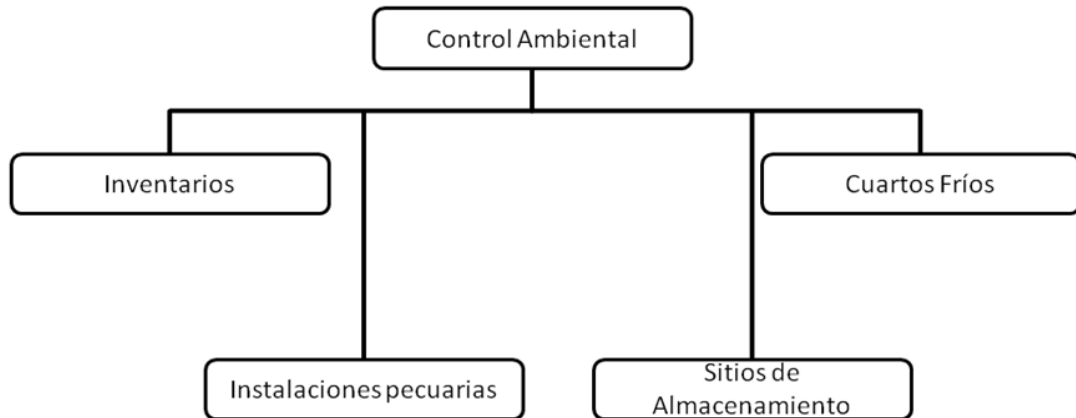


Figura 16. Flujo de Trabajo Control Ambiental

En la actualidad la IA ha obtenido uno de sus mayores impulsos en el sector agropecuario con el manejo de ambientes, y es en estructuras tipo invernadero donde mayor auge se ha presentado, entre los trabajos que se pueden mencionar encontramos diversos esfuerzos que tratan de realizar un control ambiental no lineal con retroalimentación mediante el uso de diferentes técnicas de Inteligencia Artificial entre ellas se encuentra el uso de agentes inteligentes²⁶.

En cuanto a aplicaciones de IA para el control climático de instalaciones pecuarias a sido más bien poco el desarrollo reportándose pocos trabajos en el área, en los últimos años se pueden mencionar, el desarrollo de animales virtuales para el diseño y evaluación de sistemas de control climático²⁷, un

²⁶ Pasgianos, G.D.; Arvanitis, K.G.; Polycarpou, P. & Sigrimis, N. (2003), 'A nonlinear feedback technique for greenhouse environmental control', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 153--177

²⁷ Aerts J.M, B.D. (2004), Development Of Virtual Animals For Climate Control Design, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'

sistema de control de ventilación natural para instalaciones porcícolas que usa técnicas de Inteligencia Artificial²⁸.

Las investigaciones para el control ambiental de silos de almacenamiento en los últimos años no han sido numerosas, y se puede señalar, un sistema de control ambiental para el almacenamiento de papa usando controladores con lógica difusa²⁹.

El control ambiental de cuartos fríos o con atmósferas modificadas es un área con poco estudio y no se reportan trabajos en los últimos años, en años anteriores al año 2000 se puede nombrar por ejemplo un sistema de control para el almacenamiento de papa en un cuarto frío (Marchant & Davies, 1994).

11.3 Maquinaria y Mecanización Agrícola

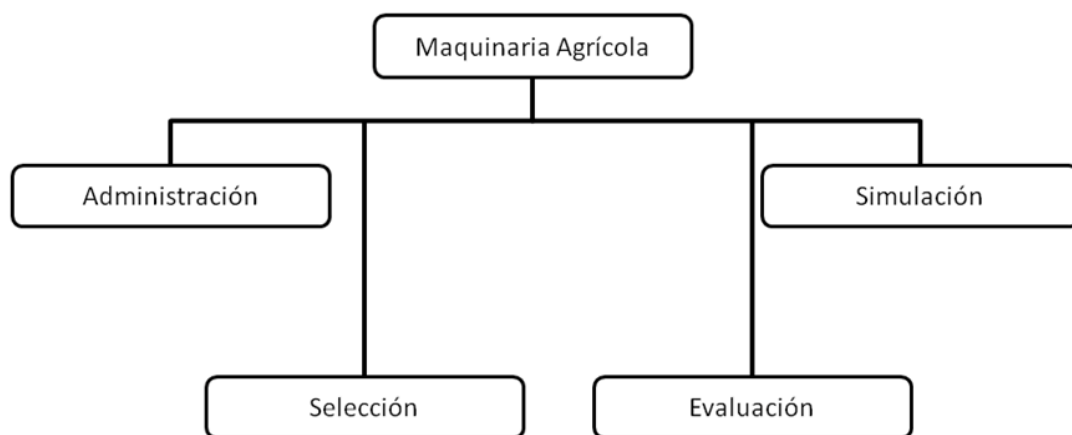


Figura 17. Flujo de Trabajo Maquinaria y Mecanización Agrícola

²⁸ Daskalov, P.; Arvanitis, K.; Sigrimis, N. & Pitsilis, J. (2005), 'Development of an advanced microclimate controller for naturally ventilated pig building', *Computers and Electronics in Agriculture* In Press, Corrected Proof,

²⁹ Gottschalk, K.; Nagy, L. & Farkas, I. (2003), 'Improved climate control for potato stores by fuzzy controllers', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 127--140

El uso de técnicas de IA en la administración de maquinaria agrícola no ha tenido auge en los últimos años, sin embargo se pueden nombrar para años anteriores al año 2000, un sistema experto para el soporte de decisiones en la administración de maquinaria agrícola (Lal et al, 1992) y un sistema basado en conocimiento para el diseño y mantenimiento de maquinaria agrícola (Kusz & Marciniak, 1995).

Para la selección de maquinaria agrícola se han desarrollado en los últimos años diversos sistemas expertos, en época más reciente se puede mencionar, un sistema basado en conocimiento para la selección de juntas en maquinarias de tipo agrícola³⁰.

La evaluación de maquinaria agrícola por medio de técnicas de IA para los últimos años no se reporta ningún trabajo, sin embargo se puede señalar para los años antes del 2000, un sistema experto para el diagnóstico del sistema hidráulico en un tractor John Deere serie 50 (Gaultney, Harlow & Ooms, 1989), un sistema inteligente de diagnóstico para maquinaria agrícola (Roger, 1995).

Para la simulación de Maquinaria y Mecanización agrícola En años recientes se puede nombrar, un sistema de predicción de carga en cosechadoras combinadas usando algoritmos genéticos³¹, en años anteriores al 2000 se puede mencionar un sistema experto que analiza y simula operaciones en campo de maquinaria agrícola (Lal et al, 1991).

³⁰ Deniz Yilmaz, I.A. (2004),Kbs-selection of universal joint used in agricultural machinery, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.

³¹ K. Maertens, J.D.B. (2004),Genetic Polynomial Regression As Input Selection Algorithm For Engine Load Prediction In Combine Harvesters, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt

11.4 Ingeniería de Riegos

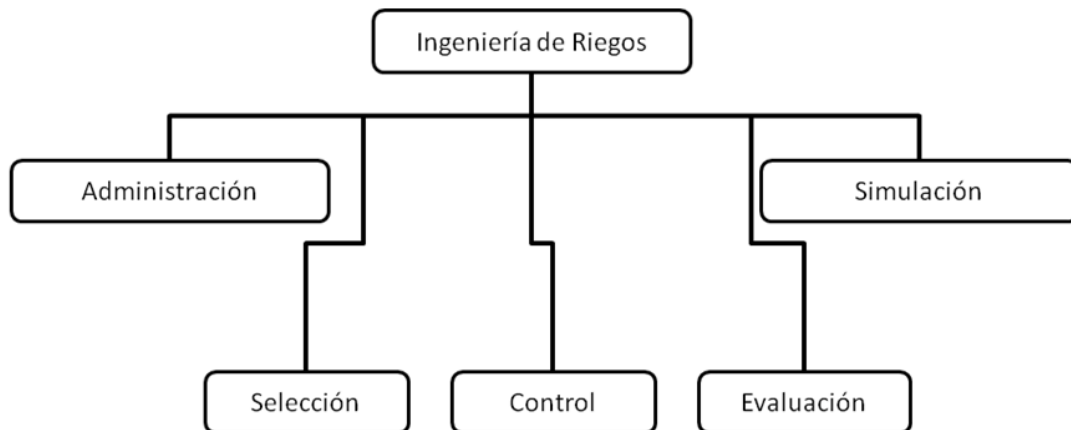


Figura 18. Flujo de Trabajo Ingeniería de Riegos

Las técnicas de IA para la administración de sistemas de riego han sido ampliamente usadas, logrando su mayor impulso con los sistemas expertos. Entre los trabajos realizados últimamente podemos señalar, un sistema de toma de decisiones para optimizar la programación de riego usando propiedades bio-físicas del sistema³², un sistema para la adquisición automática de conocimiento para sistemas expertos dedicados a la irrigación y fertilización³³, un método de división jerárquica para optimización de estrategias para la irrigación de cultivos³⁴, un sistema experto para la configuración de la programación de riego basado en investigación de operaciones³⁵, una herramienta especializada en la construcción de sistemas expertos para irrigación³⁶.

³² Bergez, J.-.; Deumier, J.-.; Lacroix, B.; Leroy, P. & Wallach, D. (2002), 'Improving irrigation schedules by using a biophysical and a decisional model', *European Journal of Agronomy* 16(2), 123--135.

³³ Rafea, A.; Hassen, H. & Hazman, M. (2003), 'Automatic knowledge acquisition tool for irrigation and fertilization expert systems', *Expert Systems with Applications* 24(1), 49--57.

³⁴ Bergez, J.-.; Garcia, F. & Lapasse, L. (2004), 'A hierarchical partitioning method for optimizing irrigation strategies', *Agricultural Systems* 80(3), 235--253

³⁵ Iman Hassen, M.R. (2004), Configuration Irrigation Schedule Based On Expert Systems And Operations Research, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.

³⁶ Samhaa R. El-Beltagy, G.A. & Hassan, H. (2004), Towards Specialized Expert System Building Tools: A Tool For Building Irrigation Expert Systems, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.

Una de las aplicaciones más interesantes de la IA en el área de la Ingeniería de Riegos es la determinación del estrés hídrico de un cultivo, entre los trabajos realizados en los últimos años se puede nombrar, un sistema de visión de máquina para indicar el nivel de estrés hídrico de un cultivo de Tomate³⁷.

En los últimos años no se reporta ningún trabajo sobre control de sistemas de riego por medio del uso de la IA, para años anteriores al 2000 se realizó un sistema experto para el control de componentes (Jacucci et al, 1995), un trabajo sobre algoritmos genéticos para la optimización de sistemas de irrigación (Yuming, Ping & Fanlun, 1995).

El campo de la evaluación de sistemas de riego por medio de técnicas de IA es un área resiente de investigación reportándose en los últimos años los únicos trabajos, entre los cuales se puede mencionar un sistema para la detección de fallas y diagnóstico de un sistema hidropónico usando redes neuronales y algoritmos genéticos³⁸.

El uso de técnicas de IA para la simulación de sistemas de irrigación no ha sido muy extendido, reportándose solamente un trabajo en este campo en los últimos años en el cual realizan una simulación con multi agentes para determinar la viabilidad de un distrito de riego en Senegal³⁹.

Así mismo existen muchas líneas de investigación que están en proceso de desarrollo con los cuales los problemas complejos en el campo de la agricultura pueden ser más directamente atacados, pero se necesitan

³⁷ Farkas I., F.L. (2004), Machine Vision System For Water Shortage Indication Of Tomato Plants Using Local Orientation, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.

³⁸ Ferentinos, K.P. & Albright, L.D. (2003), 'Fault Detection and Diagnosis in Deep-trough Hydroponics using Intelligent Computational Tools', *Biosystems Engineering* 84(1), 13–30

³⁹ Barreteau, O.; Bousquet, F.; Millier, C. & Weber, J. (2004), 'Suitability of Multi-Agent Simulations to study irrigated system viability: application to case studies in the Senegal River Valley', *Agricultural Systems* 80(3), 255–275

muchos expertos en el campo para poder solucionar aún más a fondo cada uno de estos problemas.

A esto podemos sumarle el flujo de trabajo que un agente podría hacer en el campo tecnológico aplicado a la tecnología de reconocimiento de imágenes.

11.5 Agentes Inteligentes Aplicados al Reconocimiento de Imágenes

Podemos observar en la **figura 19** el tipo de flujo que podríamos enfocar para realizar este tipo de proyecto al tratar de recurrir a la recolección de información para que podamos manejarla de acuerdo a nuestras necesidades. Sin embargo se tienen que hacer varias pruebas para que el agente aprenda a comprender y entender con más rutina lo que se quiere llegar a hacer que es la completa manipulación que se obtiene a partir de una imagen y como bien lo conocemos en el hoy en día *“una imagen vale más que mil palabras”*.

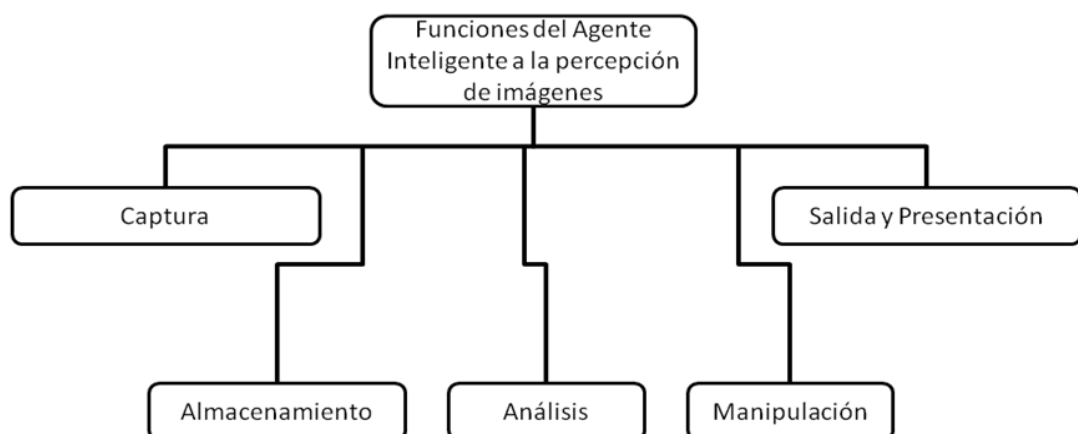


Figura 19. Flujo de Trabajo de Agentes inteligentes aplicados al reconocimiento de imágenes

En esta figura tratamos de plasmar las funciones que desempeña un agente para la correcta manipulación de lo que se tiene, en este caso la adquisición de imágenes por medio de lentes digitales y estos a su vez representados en información.

En la Tabla 3 nos podemos dar cuenta de la aplicación de agentes en el campo de la Agricultura, con el procesamiento de imágenes y el reconocimiento de formas flexibles en cuanto a atributos tales como color, textura y tamaño se pueden hacer estimaciones para calcular la edad del producto, su madurez, el tipo de producto, etc., y poder contar con esa información para controlar los diferentes procesos que se desean realizar. Para verlo con más claridad partiremos a partir del siguiente ejemplo:

La empresa XYZ pretende monitorear sus cultivos de mango en el municipio de la Unión Valle con base en la tecnología de Agentes Inteligentes aplicados al Reconocimiento de Imágenes, necesitan obtener información de su tiempo de maduración, su tamaño, su textura, su color, para realizar posteriores análisis para el proceso de cosecha y exportación.

Partiremos del Flujo de Trabajo mostrado en la **Figura 19** para realizar el proceso de cómo funcionaría ésta tecnología.

11.6 Funciones del Agente Inteligente a la Percepción de Imágenes

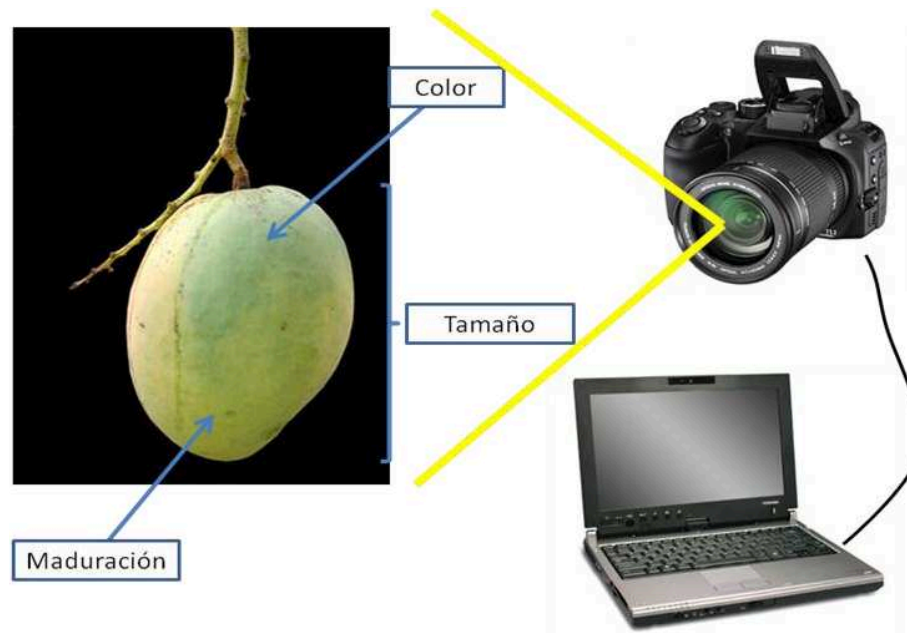


Figura 20. Digitalización de imágenes para un agente Inteligente

11.7 Captura

El proceso de toma de datos se hace mediante una cámara la cual servirá para la adquisición de imágenes. Posteriormente necesitamos que los controles de capturas se hagan en el día como motor principal de fuente de luz para obtener al máximo la información requerida.

11.8 Almacenamiento:

El almacenamiento deberá hacerse en una Unidad Central de Procesos en donde se procesará y ejecutará el agente para que realice su función.

11.9 Análisis:

Aquí es donde entra a interactuar el agente con el ambiente. El análisis deberá hacerse de acuerdo al aprendizaje que tenga el agente con respecto al entorno y a las percepciones que reciba. El agente determinará todas sus características y por ende guardará la información en la base de datos de la unidad de almacenamiento.

11.10 Manipulación:

A las necesidades del consultor, como por ejemplo el día de maduración, cosecha, tamaño predeterminado por el cliente, etc., el agente deberá estar en capacidad de brindar esa información de acuerdo a la base de datos que guardó.

11.11 Salida y Presentación

La presentación se hará cuando el usuario final lo disponga, para esto se podrá programar alertas en caso de que se necesite información para un tiempo determinado.

12 CONCLUSIONES

- Las aplicaciones de los Agentes Inteligentes son muy diversos en cuanto a las necesidades creadas por la demanda, enfatiza en la prioridad de obtener mejores resultados en la implementación de herramientas para la obtención de información, con el fin de convertir los procesos complejos y tediosos de administración en tareas que pueden ser realizadas sin tanta monitorización.
- La Inteligencia Artificial ha abierto nuevos espacios de discusión y de investigación, desenvuelve el análisis de problemas relacionados con la eficacia y eficiencia para la toma de datos.
- Con la implementación de la adquisición de imágenes para la obtención de información se pretende potencializar los procesos del mismo, creando una fuente agradable y confiable cuando llegue el momento de tomar decisiones.
- Aunque el proyecto es viable, es necesario la participación de personas conocedoras del tema, investigadores y desarrolladores capaces de romper los paradigmas que se ha llevado en cuestión a diseño y programación.
- Hemos visto que aunque es complejo la implementación de éstas tareas, su funcionalidad crece en medida que la tecnología se vuelve mucho más precisa, es necesario entender la complejidad de las imágenes para así describir detalladamente la información que uno desea obtener.
- Este proyecto no pretende idealizar las soluciones a los problemas que se están enfrentando los investigadores hoy en día, los progresos y desarrollos han avanzado de tal forma que ya es posible pensar en

buscar nuevas formas de romper los truncamientos antes mencionados.

- Este tipo de proyectos fomenta la investigación, haciendo fuerza a la implementación de las TIC's y contribuyendo al desarrollo de la comunidad, enfrentando la actual problemática en cuanto al uso debido del tiempo.

13 BIBLIOGRAFIA

- Abdullah, M.Z.; Guan, L.C.; Lim, K.C. & Karim, A.A. (2004), 'The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food', *Journal of Food Engineering* 61(1), 125—135.
- Aerts J.M, B.D. (2004), Development Of Virtual Animals For Climate Control Design, *in* '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.
- Aplicaciones de la Visión Artificial - Dr. Raúl Pinto Elías – Versión disponible en internet - <http://www.plazacolima.com/tecnoplaza/iartificial/Visionapl.pdf>.
- Barreteau, O.; Bousquet, F.; Millier, C. & Weber, J. (2004), 'Suitability of Multi-Agent Simulations to study irrigated system viability: application to case studies in the Senegal River Valley', *Agricultural Systems* 80(3), 255—275.
- Benne, M.; Grondin- Perez, B.; Chabriat, J.-. & Herve, P. (2000), 'Artificial neural networks for modelling and predictive control of an industrial evaporation process', *Journal of Food Engineering* 46(4), 227—234.
- Bergez, J.-.; Deumier, J.-.; Lacroix, B.; Leroy, P. & Wallach, D. (2002), 'Improving irrigation schedules by using a biophysical and a decisional model', *European Journal of Agronomy* 16(2), 123--135.

- Bergez, J.-.; Garcia, F. & Lapasse, L. (2004), 'A hierarchical partitioning method for optimizing irrigation strategies', *Agricultural Systems* 80(3), 235—253.
- Bielza, C.; Barreiro, P.; Rodriguez-Galiano, M.I. & Martin, J. (2003), 'Logistic regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line', *Computers and Electronics in Agriculture* 39(2), 95-- 113.
- Chen, C.R. & Ramaswamy, H.S. (2002), 'Modeling and optimization of variable retort temperature (VRT) thermal processing using coupled neural networks and genetic algorithms', *Journal of Food Engineering* 53(3), 209--220.
- Daskalov, P.; Arvanitis, K.; Sigrimis, N. & Pitsilis, J. (2005), 'Development of an advanced microclimate controller for naturally ventilated pig building', *Computers and Electronics in Agriculture* In Press, Corrected Proof.
- Deniz Yilmaz, I.A. (2004), Kbs-selection of universal joint used in agricultural machinery, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.
- Diez, J.; Bahamonde, A.; Alonso, J.; Lopez, S.; del Coz, J.J.; Quevedo, J.R.; Ranilla, J.; Luaces, O.; Alvarez, I.; Royo, L.J. &.
- Doganis, P.; Alexandridis, A.; Patrinos, P. & Sarimveis, H. (2005), 'Time series sales forecasting for short shelf-life food products based on artificial neural networks and evolutionary computing', *Journal of Food Engineering* In Press, Corrected roof, --.

- Du, C. & Sun, D. (2005), 'Learning techniques used in computer vision for food quality evaluation: a review', *Journal of Food Engineering* 72(1), 39—55.
- Erenturk, K.; Erenturk, S. & Tabil, L.G. (2004), 'A comparative study for the estimation of dynamical drying behavior of chinacea angustifolia: regression analysis and neural network', *Computers and Electronics in Agriculture* 45(1-3), 71—90.
- Farkas, I.; Remenyi, P. & Biro, A. (2000), 'A neural network topology for modelling grain drying', *Computers and Electronics in Agriculture* 26(2), 147—158.
- Farkas I., F.L. (2004), Machine Vision System For Water Shortage Indication Of Tomato Plants Using Local Orientation, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.
- Fleurat-Lessard, F. (2002), 'Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach', *Journal of Stored Products Research* 38(3), 191—218.
- Goel, P.K.; Prasher, S.O.; Patel, R.M.; Landry, J.A.; Bonnell, R.B. & Viau, A.A. (2003), 'Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn', *Computers and Electronics in Agriculture* 39(2), 67—93.

- Gottschalk, K.; Nagy, L. & Farkas, I. (2003), 'Improved climate control for potato stores by fuzzy controllers', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 127—140.
- Goyache, F. (2003), 'Artificial intelligence techniques point out differences in classification performance between light and tandard bovine carcasses', *Meat Science* 64(3), 249—258.
- Iman Hassen, M.R. (2004), Configuration Irrigation Schedule Based On Expert Systems And Operations Research, *in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'*.
- Kawamura, S.; Natsuga, M.; Takekura, K. & Itoh, K. (2003), 'Development of an automatic rice-quality inspection system', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 115—126.
- K. Maertens, J.D.B. (2004), Genetic Polynomial Regression As Input Selection Algorithm For Engine Load Prediction In Combine Harvesters, *in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt.*
- Moshou, D.; Wahlen, S.; Strasser, R.; Schenk, A. & Ramon, H. (2003), 'Apple mealiness detection using fluorescence and selforganising maps', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 103—114.
- Nesvadba, P.; Houska, M.; Wolf, W.; Gekas, V.; Jarvis, D.; Sadd, P.A. & Johns, A.I. (2004), 'Database of physical properties of agrofood materials', *Journal of Food Engineering* 61(4), 497—503.

- Pasgianos, G.D.; Arvanitis, K.G.; Polycarpou, P. & Sigrimis, N. (2003), 'A nonlinear feedback technique for greenhouse environmental control', *Computers and Electronics in Agriculture* 40(1-3), 153—177.
- Rafea, A.; Hassen, H. & Hazman, M. (2003), 'Automatic knowledge acquisition tool for irrigation and fertilization expert systems', *Expert Systems with Applications* 24(1), 49--57.
- Roussel, S.; Bellon-Maurel, V.; Roger, J. & Grenier, P. (2003), 'Authenticating white grape must variety with classification models based on aroma sensors, FT-IR and UV spectrometry', *Journal of Food Engineering* 60(4), 407—419.
- Samhaa R. El-Beltagy, G.A. & Hassan, H. (2004), Towards Specialized Expert System Building Tools: A Tool For Building Irrigation Expert Systems, in '5th IFAC Workshop On Artificial Intelligence In Agriculture, March 8-10 2004, Cairo, Egypt'.
- Singh, N. (2004), 'Expert system prototype of food aid distribution', *Journal of the American Dietetic Association* 04(Supplement 2), 53—53.
- Shahin, M.A.; Tollner, E.W. & McClendon, R.W. (2001), 'AE--Automation and Emerging Technologies: Artificial Intelligence Classifiers for sorting Apples based on Watercore', *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(3), 265—274.
- Shuso Kawamura, M.K. (2004), Milk-Quality Monitoring By Near-Infrared Spectroscopy For Artificial Intelligence In Dairy Farming.

- The Central lab for Agricultural Expert Systems.
- V.Julian,V.Botti, Agentes Inteligentes: el siguiente paso en la Inteligencia Artificial, Horizonte 2025, 2000.http://www.wiphala.net/courses/intelligent_systems/090666/2006/class/class_22_intelligent_agents.ppt.