

## Agentes BDI con Función de Utilidad: Un enfoque hacia la opinión y confianza en la toma de decisiones.

Rodrigo René Cura, Romina Stickar, Carlos E. Buckle.

Depto. de Informática, Fac. De Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.  
Puerto Madryn, Argentina.  
+54 280-4472885 – Int. 117.  
rodrigo.renecura@gmail.com, romistickar@yahoo.com.ar, cbuckle@unpata.edu.ar

### Resumen

El presente trabajo se enfoca al desarrollo de un modelo general de decisión aplicable a agentes BDI (*Beliefs, Desires, Intentions*) que contempla aspectos sociales en la formación de una opinión mediante mecanismos de preferencias y comunicación. Para cuantificar el grado de preferencia se basa en el cálculo de la función de Utilidad. El modelo permite generar agentes prácticos para ser utilizados en simulación social. El trabajo, además de las metas de investigación y desarrollo experimental, persigue objetivos académicos de formación de recursos humanos y de vinculación con otras especialidades. Se desarrolla en el marco de una Tesina de Grado de Licenciatura en Informática.

**Palabras Clave:** Simulación Social Basada en Agentes, Toma de Decisiones, BDI, Utilidad.

### 1. Contexto

El presente trabajo se realiza en el marco de la tesina de grado de uno de sus participantes y como desarrollo inicial para el comienzo del proyecto de investigación “*Simulación Social para el apoyo a la toma de decisiones de gobierno.*” del grupo de estudio de Inteligencia Artificial, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB) Sede Puerto Madryn.

### 2. Introducción

La evaluación de escenarios hipotéticos y la predicción del impacto a futuro, en la introducción de un cambio dentro del entorno en que se plantea, puede alcanzar gran complejidad cuando se tiene la intención de considerar la mayor cantidad de aspectos que se verían alterados. Más aun cuando el ambiente es grande, las consecuencias y el costo alto, el cambio irreversible y los efectos secundarios poco claros, por ejemplo, una decisión política que afecte a los habitantes de una ciudad. Las ciencias de la información pueden colaborar con herramientas que ayuden al análisis de este tipo de problemas. La computación basada en agentes, la simulación y la ciencia social nos llevan a una intersección donde los tres paradigmas se combinan en un subconjunto llamado *Simulación Social Basada en Agentes* [5], en

esta perspectiva se enfoca este trabajo. Este tipo de simulaciones requiere la colaboración tanto de profesionales en las ciencias de la información como en las ciencias sociales, lo que conlleva a un conjunto de actividades que deben desarrollarse en la fase inicial del proyecto, por ejemplo, para un escenario urbano, es necesario el modelado de la ciudad, los transportes, las personas y su comportamiento, la explotación de información geográfica, los protocolos de comunicación entre las entidades del sistema, etc. Los agentes inteligentes resultan muy adecuados para este tipo de modelado porque ofrecen una forma familiar y comprensible para enfrentar sistemas complejos, siendo particularmente útil para el entendimiento entre especialistas en diferentes disciplinas.

Este proyecto se centra en el desarrollo de un modelo teórico que permita incorporar inteligencia para la toma de decisiones en los agentes, por ejemplo, en la elección de un medio de transporte, basada no solo en la experiencia sino también en la influencia de la opinión de terceros.

El modelo planteado combina la arquitectura BDI (*Beliefs, Desires, Intentions*) [2, 3] con la Teoría de Utilidad y el concepto de *preferencia* [1, 8] generando agentes con una potente capacidad de razonamiento.

La arquitectura BDI se emplea en el diseño de los agentes, para dotarlos de *Creencias, Deseos e Intenciones*, aptitudes que definen sus distintos estados

cognitivos (*mental state*). Las *creencias* son utilizadas para representar tres factores claves: las *opciones* disponibles, el *peso* o grado de relevancia de los factores a evaluar en una opción y la *confianza* hacia los demás agentes.

En la evaluación de las opciones disponibles es posible utilizar la *Teoría de Utilidad* y el concepto de *función de utilidad* que permite cuantificar el grado de preferencia de una opción desde la perspectiva de un agente. Después de haber tomado una línea de acción y que el agente haya percibido el *grado de desempeño* obtenido en cada factor a evaluar para la misma, hace empleo de la función de utilidad para combinarlos con su propio conjunto de pesos y conseguir, según su criterio, la utilidad real de desempeño. Para futuras referencias este valor de utilidad, obtenido de la ejecución de la acción se define como *Utilidad Percibida*.

Los agentes se relacionan mediante *actos comunicativos* [4, 6, 7] entre los ubicados en un área común. Un agente informa al resto cual es, conforme su juicio, la mejor *opción* y la *utilidad* asociada a ella. Cada agente almacena estas opiniones y, ponderadas por la confianza, las utiliza en el proceso de decisión. En este punto se introduce al modelo una nueva creencia, la *utilidad*, como una terna *opción, valor, fuente*, donde el valor es la utilidad de la opción informada por la fuente. El objetivo de este mecanismo es detectar los cambios en el desempeño de las opciones que el agente no cree útiles y por lo tanto no seleccionaría, a menos que alguien que la considere, lo informe. Se define esta utilidad almacenada con el nombre de *Utilidad Esperada*.

Por último debe tenerse en cuenta la actualización de los valores de confianza y utilidad esperada, para lo cual se definen *parámetros de sensibilidad*, encargados de regular la estabilidad o dinamismo en el cambio de los valores, evitando reacciones erráticas o demasiado rígidas.

A continuación se realiza la definición formal del modelo, se explica el algoritmo del proceso de razonamiento de los agentes y al final se explica un caso de estudio para la implementación y evaluación del modelo.

### 2.1 Definición Formal

Sea  $M = \{A, O, F, \alpha, \beta\}$  el modelo, con

$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  un conjunto de agentes,

$O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$  las opciones generales en el modelo y

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_l\}$  los factores relevantes para la toma de decisiones.

$\alpha$  y  $\beta$  los parámetros de sensibilidad en confianza y utilidad respectivamente.

Se define  $\Psi_i$  como el estado cognitivo de  $a_i \in A$

con  $i = 1, 2, \dots, n$  siendo  $\Psi_i = \{S, W, T\}$  donde

$S \subseteq O$  las opciones disponibles para  $a_i$ ,

$W = [w_1 : f_1, w_2 : f_2, \dots, w_l : f_l]$  con cada  $f_j \in F, w_j \geq 0$  el grado de relevancia con respecto a cada uno de los factores,

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$  la confianza relativa a cada agente  $a_j \in A$  con  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Para cada  $o_i \in O$  con  $i = 1, 2, \dots, m$  se establece

$D = [d_1 : f_1, d_2 : f_2, \dots, d_l : f_l]$  con cada  $f_j \in F, d_j \geq 0$  el grado de desempeño relativo en cada uno de los factores.

Por último se define la función de utilidad

$$U: A, O \rightarrow \mathbf{R}$$

$$U(a_i, o_j) = \sum_{i=1}^k (w_i d_i) \text{ con } a_i \in A \text{ y } o_j \in O.$$

### 2.2 Algoritmo

1. Inicialización
2. Loop {
3.     Selección
4.     Acción
5.     Actualización
6.     Comunicación
7. }

#### Inicialización

En este punto se establece el conjunto inicial de *creencias* del agente tal que:

- $w_i = G_i(x)$  para todo  $i = 1, 2, \dots, l; x \in [0, 1]$  aleatorio y  $G_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  la función de distribución de la relevancia de  $f_i$ .
- $S \subseteq O$  formado por todas las  $o_i \in S$  tal que  $P_i(x) = 1$ , siendo  $x \in [0, 1]$  aleatorio y  $P_i: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  si  $x < p_i$  y 1 si  $x \geq p_i$ , donde  $p_i$  es la probabilidad de existencia de  $o_i$ , para todo  $i = 1, 2, \dots, m$ .
- Para cada  $o_i \in S$  una  $U(a, o_i) = 0$ , siendo  $a$  el agente mismo.
- $T = \{t_a = 1\}$  siendo  $a$  el agente mismo.

#### Selección:

En este punto, y luego de reiteradas iteraciones el agente posee en su base de creencias un conjunto de valores de utilidad asociados a opciones (ver paso de Comunicación más adelante). Llamaremos a estos valores *Utilidades Esperadas*, cada una indicada como  $U_E$ .

Para cada opción disponible  $o_i \in S$ , buscará en el conjunto de  $U_E$  el valor de utilidad informado por el agente  $a_i$  tal que el valor de confianza  $t_i \in T$  asociado a  $a_i$  sea máximo.

Una vez obtenido el subconjunto de  $S$ , seleccionará como la mejor opción aquella que maximice su valor de utilidad esperada  $U_E$ .

#### **Acción:**

El agente encarga la acción a realizar según la opción seleccionada al ambiente, el cual debe poseer mecanismos para informar, terminada la ejecución exitosa, la utilidad real calculada en base a los parámetros de desempeño de la opción  $d_i \in D$ . Llamaremos a esta utilidad calculada por el ambiente *Utilidad Percibida* y la denotaremos como  $U_P$ .

#### **Actualización:**

Realiza la comparación de la Utilidad Esperada y la Utilidad Percibida, y actualiza los valores de confianza del agente del cual se tomo la opción y Utilidad Esperada de la opción seleccionada a partir del propio agente, según los siguientes criterios:

- Si  $U_P \geq U_E \rightarrow t_s = \alpha t_s + (1 - \alpha)$  con  $\alpha \in [0,1]$  (significa que el agente es confiable)
- Si  $U_P < U_E \rightarrow t_s = \alpha t_s$  con  $\alpha \in [0,1]$  (el agente no es confiable)
- $U_E(a, o) = \beta U_E + (1 - \beta) U_P$  con  $\beta \in [0,1]$

Por este motivo a  $\alpha$  y  $\beta$  se los denomina parámetros de sensibilidad en la actualización de las creencias del agente, afectando a la confianza y utilidad esperada respectivamente.

#### **Comunicación:**

La comunicación es el paso donde los agentes intercambian opiniones acerca de las opciones que consideran más factibles, y donde se establecen los lazos de confianza iniciales.

Primero el agente necesita saber que agentes pueden escuchar su opinión. Esta tarea es delegada al ambiente, el cual devuelve una lista de agentes cercanos, una vez obtenida esta lista el agente emisor realiza un acto comunicativo con una fuerza ilocucionaria acertiva, que informa al grupo receptor una utilidad esperada asociada a una opción de la forma:

$$U(a, o) = U_E$$

donde  $a$  es el agente transmisor,  $o$  es la mejor opción según el criterio del agente transmisor y  $U_E$  es la utilidad esperada almacenada en la base de creencias de  $a$ .

## **2.3 Caso de Estudio**

El modelo anteriormente planteado será evaluado en un caso de estudio que pretende simular el movimiento de personas, mediante un grupo de distintos medios de transporte disponibles, a través de las calles de una ciudad y poder observar patrones en la opinión general de los ciudadanos.

### **Ambiente**

El ambiente sobre el que interactuarán los ciudadanos es una representación simplificada de un entorno urbano interconectado por calles, el cual implementa la acción:

$viajar(a_i, o_j) \rightarrow U_P$  donde  $a_i \in A$ ,  $o_j \in S$  y  $U_P$  es la utilidad percibida por  $a_i$  al finalizar exitosamente la acción.

### **Agentes**

Los agentes poseen una base de creencias formada por:

- *opción( $o_i$ )*. Para cada  $o_i \in S$ .
- *factor( $w_i, f_i$ )*. Para cada  $w_i \in W$  y  $f_i \in F$ .
- *confianza( $t_i, a_i$ )*. Para cada  $t_i \in T$  y  $a_i \in A$  que haya comunicado su opinión.
- *utilidad( $U_E, o_i$ )[ $a_i$ ]*. Para cada  $o_i \in S$  y  $a_i \in A$  que haya comunicado su opinión.

### **Opciones**

Las opciones  $o_i$  están implementadas dentro del ambiente y cada una posee:

- *desempeño( $d_i, f_i$ )*. Para cada  $d_i \in D$  y  $f_i \in F$ .
- $U: A \rightarrow [0,1]$  que realiza el calculo de utilidad de la elección de la opción.

### **Inicialización**

La inicialización de los agentes de realizará aleatoriamente en base a distribuciones estadísticas establecidas por el usuario. Los factores se definirán por completo, las opciones en base a una probabilidad de existencia, la utilidad esperada se iniciará en 0 para cada una de las opciones disponibles y por último la confianza será 1 solo para si mismo. Por último se establecerá un conjunto de número variable de destinos que visitar, a los cuales el agente se dirigirá cíclicamente.

En cuanto a los parámetros de desempeño y sensibilidad de actualización, estos serán fijados por el usuario para darle la posibilidad de aplicar técnicas de análisis a la simulación.

### **Observador**

El sistema contará con un agente observador que se encargará de acumular y llevar registro de los indicadores para la evaluación del sistema. Los indicadores claves serán, para cada opción, la cantidad de agentes que la han seleccionado y el patrón con el que dicha selección se ha expandido por el ambiente. Otros indicadores a tenerse en cuenta son: La media y desviación estándar de la utilidad esperada para cada opción  $U_E(o_i)$ , la media y desviación estándar de los valores de confianza  $t_i$ .

### 3. Líneas de Investigación y Desarrollo

Esta línea de investigación está orientada a desarrollar un modelo que permita reflejar el impacto de la opinión popular en las creencias de un agente, influyendo indirectamente en las decisiones del mismo. Esto proporcionará agentes con un comportamiento, que al ser utilizados en la simulación social, generarán información útil para el apoyo a las decisiones políticas.

### 4. Resultados y Objetivos

El proyecto se encuentra en un estado de avance en el que ya se ha implementado el modelo mental completo del agente ciudadano y gran parte del ambiente que se encarga de la acción de viajar, si bien el sistema parece responder a simple vista aún no se han obtenido estadísticos precisos pues aún queda pendiente la implementación del agente observador. Los pasos a seguir son la implementación de dicho agente, verificación, recolección de datos, análisis de sensibilidad y experimentación.

Los objetivos propios de la investigación y desarrollo de este trabajo se pueden resumir en:

- Investigar la aplicabilidad de agentes inteligentes a la simulación social.
- Determinar la factibilidad y aplicabilidad de la simulación social basada en agentes en la obtención de información práctica para la predicción del impacto de cambios en un entorno urbano.
- Diseñar un modelo genérico que pueda utilizarse como mecanismo de decisión social en agentes BDI.
- Proponer mejoras a los mecanismos de estimación del comportamiento social ante un cambio del entorno.

Por otra parte, los objetivos académicos son:

- Iniciar un grupo de estudio en el área de

Computación Basada en Agentes.

- Desarrollar el trabajo de tesina de grado de un alumno de Licenciatura en Informática.
- Trabajar en forma conjunta con especialistas de otras ciencias como por ejemplo las Ciencias Sociales.

### 5. Formación de Recursos Humanos

Este trabajo se lleva a cabo en el contexto de la realización de la tesina de grado de uno de sus autores, en la carrera Licenciatura en Informática. Por otra parte, pretende iniciar formación en una rama de las ciencias de la computación con gran potencial para investigación interdisciplinaria, particularmente en lo relacionado al comportamiento social.

### 6. Referencias

- [1] von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944). *Theory of games and economic behavior*.
- [2] Bratman M. E. (1987). *Intentions, Plans and Practical Reason*.
- [3] Rao A. S. and Georgeff M. P. (1991). *Modeling Rational Agents within a BDI-Architecture*.
- [4] Wooldridge, M. (2002). *An introduction to Multiagents Systems*.
- [5] Davidsson P. (2002). *Agent Based Social Simulation: A Computer Science View - Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 5, no. 1*.
- [6] ANA MAS (2005). *Agentes de Software y Sistemas Multi-Agente: Conceptos, Arquitecturas y Aplicaciones*.
- [7] Bordini R. H., Hüber J. M., Wooldridge, M. (2007). *Programming multiagents systems in AgentSpeak using Jason*.
- [8] Shoham, Y. and Leyton-Brown, K. (2009). *MULTIAGENT SYSTEMS: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations*.