

Modelado y simulación basada en agentes de hábitos de compra e ingesta de alimentos, en entornos de monitorización no intrusiva

A. Cobo Sánchez de Rojas^{2,1}, F. del Pozo Guerrero^{1,2}

¹ Grupo de Bioingeniería y Telemedicina del Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, {acobo, fpozo}@gbt.tfo.upm.es

² Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), Madrid, España

Resumen

En este artículo se presenta una simulación de hábitos de compra e ingesta, en un entorno de monitorización no intrusivo. Se busca aumentar la eficacia de las actuaciones sobre los hábitos alimentarios. La simulación se usa para obtener datos equivalentes a los que proporcionaría un entorno domiciliario de inventariado de productos alimentarios, soportado por tecnología RFID; y determinar las condiciones de mínimo muestreo que mejoren la fiabilidad de los datos de ingesta, en comparación con los que se obtienen a través de los cuestionarios de seguimiento, que se emplean en la actual metodología de valoración de calidad de la dieta.

1. Introducción

La evolución demográfica de la Europa del último siglo ha supuesto el progresivo envejecimiento de la población debido al aumento del número de personas que alcanzan la ancianidad y al aumento, también, de la longevidad de las personas durante la misma [1]. A lo largo del siglo XX, se han ido desterrando las enfermedades infecciosas como principal causa de mortalidad, pasando a ocupar este papel las enfermedades crónicas.

Estas últimas tienen un comienzo insidioso y a medida que avanzan se agrava su sintomatología, obligando a una profunda modificación del modo de vida normal del paciente y persistiendo en el tiempo. En ocasiones llegan a ser altamente incapacitantes. Los hábitos y el estilo de vida son un factor fundamental para paliar o agravar los efectos de una enfermedad; y del mismo modo, pueden retrasar o acelerar la aparición de una enfermedad a la que se tiene predisposición [2].

La prevención es el método más efectivo para evitar, o por lo menos retrasar, la aparición de estas enfermedades. Las políticas de prevención de las instituciones internacionales, europeas y nacionales, se apoyan en la promoción de hábitos y estilos de vida saludables [3]. Entre los hábitos que configuran un estilo de vida saludable, la actividad física diaria y la alimentación se destacan como los más relevantes. A modo de ejemplo, el sedentarismo y la sobrealimentación están causando estragos en la población infantil, tal y como indican las cifras de obesidad para este grupo de población [3].

Una alimentación saludable se consigue a través de una dieta equilibrada y adecuada a las circunstancias específicas de cada individuo. A pesar de la preocupación social generalizada por mantener un estilo de vida saludable, las cifras siguen mostrando que los europeos en general, y los españoles en particular, no nos alimentamos de forma adecuada [4].

Una buena alimentación exige la implicación activa del individuo. Esto supone un esfuerzo de información y formación, que, en ocasiones no se está en condiciones de llevar a cabo por cuenta propia. Por esta razón, son muchas las personas que acuden a profesionales de la nutrición para mejorar sus hábitos alimentarios. La metodología de trabajo habitual de estos profesionales se basa en una valoración de la calidad nutricional de la dieta del paciente y la posterior actuación sobre los hábitos detectados [5].

Los protocolos de valoración y actuación nutricional se basan en unos modelos alimentarios bien estudiados, pero la metodología de obtención de datos de las ingestas tiene un grave punto débil. Las técnicas de monitorización de ingestas se basan en cuestionarios, más o menos detallados, que los pacientes cumplimentan. Los cuestionarios son tediosos y poco fiables, pues el contenido de las encuestas puede estar falseado, intencionadamente o por descuido [5, 6].

Estas circunstancias pueden conducir a la desmotivación del paciente y a datos de partida demasiado ruidosos que disminuyen considerablemente la eficacia de la actuación sobre la dieta. En la búsqueda de técnicas de monitorización menos intrusivas y ruidosas, se propone aprovechar las posibilidades que brinda la tecnología RFID y su creciente expansión en la cadena de suministro del sector de abastecimiento, tanto actual como prevista a futuro [7].

Suponiendo que en un futuro todos los productos adquiridos en los centros de abastecimiento estarán marcados con etiquetas RFID, se propone dotar a los entornos domiciliarios de capacidades para la lectura de dichas etiquetas. A través de estos entornos se quiere realizar inventarios detallados de los productos presentes en el hogar; y usar la información derivada de dichos

inventarios como fuente de datos para elaborar perfiles alimentarios y perfiles de calidad de la dieta.

En la actualidad los alimentos no llegan marcados de origen a los hogares, por lo tanto es difícil realizar experimentos *in vivo*. La solución inmediata, etiquetar los productos en el destino, convierte el proceso de monitorización en una actividad tediosa en exceso, hace que se pierda la invisibilidad y conduce a la desmotivación de los usuarios.

Por esta razón, se ha decidido realizar una simulación que reproduzca el comportamiento de los usuarios, el comportamiento del entorno de monitorización y la interacción entre ambos. El objetivo final es generar artificialmente grandes cantidades de datos de compra e ingesta, que se ajusten a un patrón de hábitos preestablecido; muestrear estos datos a la manera en la que lo haría un entorno de monitorización RFID, y, en última instancia, procesar el resultado del muestreo para recuperar la información original.

2. Metodología

Los inventarios del entorno dibujan un mapa del conjunto de productos que se han comprado y una secuencia temporal del modo en que se consumen y reponen. Para simular los resultados de los inventarios, se ha construido una simulación de los hábitos de compra e ingesta, capaz de representar el comportamiento tanto de individuos como de grupos de personas.

Estos hábitos conforman un sistema complejo en el que intervienen una gran cantidad de variables que se influyen entre sí. Para simularlo se ha acudido a una representación basada en agentes; apoyándose en el hecho de que un sistema de agentes que sigan reglas simples puede mostrar comportamientos complejos y proporcionar información acerca de la constante adaptación presente en los sistemas del mundo real [8].

Aunque los agentes no cuentan con conocimiento completo ni con información exhaustiva de la situación global, se ven influidos por las decisiones que toman otros agentes y, de manera análoga, sus decisiones influyen en el comportamiento de sus vecinos. Es decir, los agentes se adaptan los unos a los otros y a los cambios que se producen en su mundo. El modelado basado en agentes se viene usando habitualmente para simular ecosistemas, mercados y sistemas sociales [8].

En la fase de diseño se ha seguido una aproximación top-down. Los componentes de la simulación se han obtenido a través de observaciones empíricas y teorizando sobre antecedentes, eventos y estados posteriores. En esta fase se han seleccionado los parámetros y variables, las acciones de los agentes y el ámbito de las mismas y la planificación de las acciones y las actualizaciones de estado de los agentes y del sistema.

Como punto de partida, se asume que el comportamiento bajo estudio, se caracteriza por un alto nivel de repetición y existe un patrón que se repite en el tiempo y con el que es posible caracterizar el consumo de productos (tanto en la compra como en la ingesta.)

Se han seleccionado varias familias de la Comunidad Autónoma de Madrid, para su observación durante el periodo de tres meses comprendido desde mediados de enero hasta mediados de abril. Se ha realizado el seguimiento de un subconjunto de productos, utilizando la frecuencia de compra, el periodo de compra y la distribución del consumo entre compras, como rasgos característicos.

En la fase de implementación, por contra, se ha seguido una aproximación bottom-up. Se ha programado el código que caracteriza el comportamiento de cada uno de los componentes y el código que gobierna el modo y los mecanismos de relación de los componentes entre sí. El comportamiento del sistema completo, surge durante la simulación sin que se pueda predecir únicamente del conocimiento de sus partes constituyentes.

Para realizar la implementación se ha utilizado el paquete de simulación Swarm. Este paquete consiste en un conjunto de bibliotecas que proporcionan soporte para implementar las funciones básicas necesarias para unir los componentes de la simulación, por ejemplo: la planificación, la generación de una semilla aleatoria y la presentación gráfica de los agentes [9].

Swarm está escrito en Objective-C y, por lo tanto, su código es orientado a objetos. Los programas basados en Swarm son jerárquicos y por norma general siguen una estructura común que sitúa en el nivel superior un objeto llamado *observer swarm* que crea, en su caso, las pantallas de presentación y visualización junto con el nivel inmediatamente inferior, llamado *model swarm*, que es el elemento que contiene el resto de componentes y se encarga de crearlos y gestionarlos [9].

Las simulaciones para Swarm se pueden escribir tanto en Objective-C como en Java. En este caso se ha elegido Objective-C por mantener la coherencia y la homogeneidad con el conjunto de bibliotecas que componen Swarm y para aprovechar el conocimiento y experiencia previos en programación C.

3. Resultados

La primera parte del trabajo consiste en formalizar los resultados de las observaciones en un modelo fácilmente programable. Durante el periodo de observación, se ha detectado que el patrón básico de organización de compras es de una compra semanal y que para cada tipo de producto se puede encontrar un comportamiento específico que caracteriza su compra y consumo. Las siguientes tablas (Tabla 1 y Tabla 2) recogen un ejemplo de los resultados de las observaciones para un hogar y para un grupo del subconjunto de productos observado.

Tipo de producto	Frecuencia de compra	Periodo de compra	variabilidad
pasta	Cada dos meses	Todo el año	Poca
Galletas chocolate	Aleatorio	Todo el año	Mucha
Naranjas	Cada dos semanas	Octubre – abril	Poca

Refresco de cola	Cada semana	Todo el año	Poca
Batidos fresa	--	--	Poca
Leche	Cada mes	Todo año	Poca
pan	Cada semana	Todo año	Poca

Tabla 1. Ejemplo de resultado de las observaciones (compra)

Tipo de producto	Veces de consumo	Cantidades consumidas cada vez	Cantidades consumidas entre compras	variabilidad
Leche	1 por semana	200 g	1 kg	Poca
Galletas de chocolate	1 por semana	Un paquete	Un paquete	Poca
Naranjas	4 por semana	1 ó 2 por día	1 kg	Poca
Refresco de cola	Varias al día	1 l diario	8 l	Poca
Leche	Todos los días	200 ml al día	6 l	Poca
Pan	3 ó 4 por semana	150 gramos al día	600 gramos	Poca

Tabla 2. Ejemplo de resultado de las observaciones (consumo)

Se ha constatado que predomina la presencia de un grupo de productos que se pueden calificar como habituales, para cada uno de los cuales, es posible encontrar un patrón con el que representar la evolución en el tiempo tanto de su compra como de su ingesta.

El mapa y la secuencia generados son equivalentes a llevar un control detallado de una despensa virtual en la que se monitoriza el estado de todos los productos actualmente presentes y sobre aquellos calificados como habituales.

La simulación del comportamiento de compra o reposición, consiste en elaborar y generar una lista de artículos a incorporar a la despensa en el siguiente paso, como fruto de una decisión basada en el análisis del estado y las circunstancias específicas de cada uno de los productos presentes actualmente en la despensa, de los no presentes pero calificados como habituales y de diferentes grupos de productos no habituales pero disponibles en el mercado.

En esta decisión intervienen un conjunto de factores fundamentales: frecuencia habitual de compra, existencias y estacionalidad del producto; a los que se añaden otros dos factores, que no son fundamentales pero sí determinantes: circunstancias especiales y libre albedrío.

La frecuencia de compra de un producto es un parámetro dinámico que se obtiene a partir de la relación del número de compras realizadas de un producto en comparación del número de compras totales realizadas. La estacionalidad

del producto tiene dos facetas, por un lado la estacionalidad personal, es decir, momentos del año en los que un usuario acostumbra a comprar un producto con la frecuencia de compra especificada; y estacionalidad general, es decir, momentos del año en los que el producto está disponible en el mercado. El factor de circunstancias especiales representa las circunstancias imprevistas que pueden forzar la compra de un producto, mientras que el factor de libre albedrío, por su parte, permite representar la voluntad del usuario para probar productos nuevos y, en definitiva, proporcionar cierto grado de libertad e imprevisibilidad a la persona simulada.

Todo producto que entra en la despensa pasa a formar parte del conjunto de productos habituales, y se mantiene en ella mientras su frecuencia de compra supere un determinado umbral, fijado por el responsable de la simulación.

La simulación del comportamiento de ingesta consiste en disminuir las cantidades de los productos presentes en la despensa (habituales o no) y sólo de éstos. Los factores fundamentales involucrados en este proceso son: el número de días que se consume un producto y la cantidad de producto que se consume en cada una de esas veces. Ambos factores son específicos para cada producto y usuario o grupo de usuarios. Para todos los productos en general se ha asumido que estos factores se pueden caracterizar cada uno por una gaussiana en la que los valores concretos de su media y varianza imprimen a cada producto su carácter singular.

Siguiendo este modelo, se ha implementado una simulación compuesta por tres procesos básicos: la ingesta semanal, la elaboración de la lista de la compra semanal, y la compra semanal. Para cada uno de estos procesos existe un tipo de agente distinto. Para los procesos de ingesta se crean los agentes del tipo *producto en la despensa*; para los procesos de elaboración de la lista de la compra se crean los agentes del tipo *producto habitual*; y para los procesos de compra se crean los agentes del tipo *producto disponible*.

Para cada producto presente en la despensa se crea un agente *producto en la despensa*. De forma análoga, para cada producto habitual no presente en la despensa, se crea un agente *producto habitual*. En cuanto a los productos disponibles en el mercado se escoge un subconjunto de ellos y para cada uno de los elementos de este subconjunto, se crea un agente *producto disponible*.

Cada agente *producto en la despensa* se encarga de calcular y actualizar las existencias de un producto en la despensa. La cantidad de producto ingerida o consumida durante la semana se calcula de la siguiente manera: mediante una variable aleatoria se obtiene el número de días que se ha consumido ese producto durante esa semana. Y para cada uno de esos días mediante otra variable aleatoria se calcula la cantidad de producto, que se ha consumido, resultando la cantidad total semanal de la suma de estas cantidades parciales, que se restan de la cantidad total existente en el momento actual.

Cada agente *producto habitual* se encarga de tomar la decisión de si se debe añadir un producto a la lista de la compra. Este tipo de agente analiza el estado de los factores de voluntad de compra. Cada agente mira, la estacionalidad personal, la frecuencia de compra y si las existencias están por debajo de un determinado umbral específico de cada producto. Por último, se analizan los factores de circunstancias especiales y de libre albedrío, que pueden forzar la compra del producto a pesar de que los criterios fundamentales no lo aconsejen. Estos dos factores se simulan mediante sendas variables aleatorias en las que la probabilidad de disparo de la condición de compra es muy baja, de forma que la aleatoriedad del comportamiento es baja.

De la combinación del resultado de estos factores se obtiene la decisión de inclusión de un producto en la lista de la compra. Para que un producto se añada a dicha lista deben cumplirse simultáneamente las condiciones para los factores de estacionalidad, frecuencia de compra y existencias; si bien los factores de circunstancias especiales y libre albedrío tienen la capacidad de forzar la decisión de compra por sí mismos, independientemente del resultado del análisis del resto de factores.

Cada agente *producto disponible* se encarga de comprobar la posibilidad de comprar un producto en las cantidades que se piden. A día de hoy, es posible comprar cualquier cantidad de producto que se desee, siempre que se cumpla el criterio de estacionalidad general.

Cada paso de la simulación representa una semana completa, que es el periodo que se ha fijado para que las personas simuladas vayan a la compra; por lo tanto, en cada paso de la simulación se repite todo el proceso. La presentación gráfica de los datos de salida de la simulación no aporta ningún beneficio, y por tanto simplemente se guardan en ficheros de datos para su posterior análisis.

4. Discusión

Se ha implementado una simulación basada en agentes, de un modelo sencillo de hábitos alimentarios humanos. Este modelo incluye hábitos de compra e ingesta de alimentos, y permite recrear el comportamiento de personas con perfiles alimentarios muy variados, proporcionando como salida, datos de ingestas reales simuladas y recibos de compras.

Se ha simulado el comportamiento de un entorno de monitorización basado en la tecnología RFID que realiza un seguimiento de los mencionados datos de ingestas reales simuladas y de los recibos de compra y proporciona como salida datos de muestreo real simulados. Estos datos son los equivalentes a los datos con los que real y únicamente se cuenta acerca de las ingestas de los usuarios en un despliegue real.

Para implementar la simulación se ha empleado el paquete de simulación Swarm y el lenguaje de programación Objective-C, que es el lenguaje nativo de la plataforma.

La simulación está pensada para ser utilizada con un doble propósito: como prueba de concepto; y como fuente de grandes cantidades de datos para el entrenamiento de algoritmos de extracción de conocimiento, que posteriormente se usarán en experimentos *in vivo*.

No se tienen en cuenta los posibles comportamientos no deseados de la tecnología RFID en entornos reales. Otro enfoque complicaría sobremanera la implementación de la simulación y se desviaría del verdadero propósito de la misma.

En cambio, la simulación es útil para salvar las limitaciones logísticas que dificultan en la actualidad el despliegue en entornos reales de un sistema de monitorización como el propuesto. Facilita la obtención rápida de grandes cantidades de datos, puesto que la planificación de pasos de la simulación se puede programar para que el tiempo simulado avance más rápido que el tiempo real.

Se quiere que la simulación sirva como herramienta para la detección de requisitos del entorno de monitorización, no previstos *a priori*, evitando los gastos previos de desarrollo hardware. También se quiere usar la simulación como mecanismo para la mejora de la comprensión de los procesos de actuación y decisión de las personas preocupadas por la calidad de su alimentación.

Referencias

- [1] Pérez J. ¿Cómo ha mejorado tanto la vejez en España? Políticas Demográficas y de Población. Gobierno de Aragón / CEDDAR, Zaragoza. 2003, pp 81-107 (ISBN: 84-7753-968-5).
- [2] Página web de la Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO). WHO/FAO Expert consultation. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. http://www.who.int/hpr/NPH/docs/who_fao_experts_report.pdf (Consultada: enero 2006).
- [3] Green Paper. Promoting Healthy Diets and Physical Activity: A European Dimension for the Prevention of Overweight, Obesity and Chronic Diseases. Commission of the European Communities, Bruselas, Bélgica. Diciembre 2005.
- [4] Chocarro R. Hábitos alimentarios y comparación con las diferentes zonas españolas. *Actas del V Congreso de Economía de Navarra*, Pamplona, 2003, pp 309 – 324.
- [5] Carvajal F, Sánchez Muniz FJ. Guía de prácticas en nutrición y dietética. 2003 (ISBN: 84-9773-023-2).
- [6] Langevin D et. al. Evaluation of diet quality and weight status of children from a low socioeconomic urban environment supports “at risk” classification. *Journal of the American Dietetic Association*, vol 107, issue 11, 2007, pp 1973 – 1977.
- [7] Glidden R et. al. Design of ultra-low-cost UHF RFID tags for supply chain applications. *IEEE Communications Magazine*, vol 42, issue 8, 2004, pp 140 – 151 (ISSN: 0163-6804)
- [8] Brannon E.L et al. Agent-based simulation of the apparel purchase decision. *National Textile Center Annual Report*. 2001, pp 198-A09/1 - 198-A09/10.
- [9] Página web del grupo de desarrollo de Swarm (Swarm Development Group) <http://www.swarm.org> (Consultada: junio 2006).