

Simulación de Picos de Demanda de Cadenas de Suministros de Comida

Integrantes

- Leismael Sosa Hernández
- Francisco Vicente Suárez Bellón
- Carla Sunami Pérez Varela
- Lázaro David Alba

Descripción del problema

La **gestión eficiente de las cadenas de suministro** es un componente crucial para el éxito de cualquier empresa. Una cadena de suministro se refiere al conjunto de procesos y actividades necesarios para producir un producto o servicio y entregarlo al cliente final. Esto incluye todo, desde la adquisición de materias primas, la producción, el almacenamiento, el transporte, hasta la distribución al cliente.

En este contexto, la **simulación de picos de demanda** juega un papel vital. Los picos de demanda son períodos de tiempo en los que la demanda de un producto o servicio supera la capacidad de producción o suministro normal de una empresa. Estos picos pueden ser causados por una variedad de factores, como cambios estacionales, eventos especiales, o incluso crisis globales.

La simulación de estos picos de demanda permite a las empresas prepararse y planificar con anticipación para estos eventos. Al utilizar modelos de simulación, las empresas pueden prever cómo responderán sus cadenas de suministro a diferentes escenarios de demanda y tomar decisiones informadas sobre cómo gestionar sus recursos. Esto puede ayudar a minimizar los retrasos en la entrega, mejorar la satisfacción del cliente y, en última instancia, aumentar la rentabilidad.

En resumen, la simulación de picos de demanda en las cadenas de suministro es una herramienta valiosa para cualquier empresa que busque optimizar sus operaciones y prepararse para el futuro.

Nuestro proyecto busca explorar esta área lo mejor posible para las restricciones de tiempo que tenemos y proporcionar soluciones prácticas para las empresas que enfrentan estos desafíos.

Caso de Uso

Antes de mencionar los objetivos específicos de este proyecto vale la pena comentar cual es el escenario en el que se espera que se utilice nuestra herramienta.

Nuestro proyecto espera que sea utilizado por 1 sola compañía en donde ésta tenga la facilidad de definir el entorno en el que se desenvuelve de forma sencilla, esto es:

- Definir cuales son las empresas que pueden estar involucradas en su cadena de suministros a la hora de manejar un pico de demanda, que no es más que los proveedores, manufactores, almacenes, distribuidores y tiendas.
- Definir el mapa en el que habitan las empresas.
- Definir un conjunto de creencias con respecto a cada empresa.
- Definir un conjunto de reglas de toma de decisiones con respecto a las creencias que tiene de cada entidad de su entorno.
- Definir la distribución que representa el tiempo que se demora en aparecer el próximo cliente en cada una de sus tiendas.
- Definir los productos que se crearán en la simulación y la lógica de que es necesario para producirlos.
- Definir la distribución de los sabores favoritos de los clientes, esto es útil para analizar como los clientes deciden un producto y no otro, pero además es útil para analizar como deciden entre productos teniendo en cuenta su gusto y la calidad de cada producto que la tienda vende.
- Definir en que momento deberían aparecer los picos de demandas (otra distribución) y a que tiendas afecta.
- Definir en que momentos aparece el suministro de cada tienda o almacén por su cadena de suministro estable y cual es el costo de cada uno.
- Definir la competencia, esto es, definir otras empresas que tienen tiendas y una lógica de comportamiento.

Objetivos de nuestro proyecto

Los objetivos específicos de nuestro proyecto son los siguientes:

- Facilitarle a la tienda datos estadísticos sobre como se comportó en el tiempo de la simulación. Estas estadísticas se analizan en 2 momentos, mientras el comportamiento del sistema está en un estado normal y mientras está bajo un pico de demanda. Algunas de las estadísticas analizadas son las siguientes:
 - Información sobre el balance esperado.
 - Las pérdidas esperadas por suministros que no pudieron ser localizados en almacenes.
 - Las pérdidas esperadas de clientes en cada tienda por la demora en su atención.
 - La calificación esperada de cada producto por parte de los clientes.
 - La calidad esperada de cada producto en el momento que llega a cada tienda.
 - El valor esperado en las pérdidas de ventas por no tener productos disponibles a la hora de atender a un cliente.
- Facilitarle un análisis comparativo con respecto a las empresas de su competencia.
- Facilitarle a la tienda consejos con respecto a como puede mejorar su rendimiento. Algunos de estos consejos serían:
 - Explicarle como se deberían modificar sus creencias sobre empresas del entorno.
 - Como se deberían modificar sus reglas de toma de decisión.
 - Como debería cambiar sus contratos estándares de suministros, es decir, en que momentos deberían aparecer los suministros en cada tienda para tener un mejor rendimiento (más

ganancias, menos gastos y menos pérdidas de ventas).

Descripción de nuestra implementación

Para describir nuestra implementación de esta herramienta creemos conveniente dividir la explicación en las siguientes secciones:

- Descripción del entorno:
 - Descripción del rol de cada empresa del entorno
 - Descripción del mapa donde habitan las empresas
 - Descripción sobre la modelación de los productos
 - Descripción de los consumidores, es decir, los clientes de las tiendas.
 - Descripción de nuestro entorno en términos de accesibilidad, de que tan determinista es, etc.
- Descripción de como funciona nuestro simulador
- Descripción de los agentes en términos de:
 - Arquitectura
 - Toma de decisiones
 - Envío y recepción de mensajes
- Descripción de los algoritmos de IA utilizados:
 - Para la búsqueda de rutas en el mapa de las empresas por el servicio de transportación de productos.
 - Descripción del algoritmo con el que el agente crea una planificación
 - Descripción del algoritmo para optimizar los resultados de la simulación.
- Descripción del uso de los modelos largos de lenguaje (**LLM**) para realizar un reporte de la simulación.

Descripción del entorno

Descripción de las empresas

Como mencionamos al inicio del documento, nuestro proyecto busca simular el comportamiento de la cadena de suministros de una empresa ante picos de demanda pero no definimos en esa sección como nosotros en nuestro simulador llamamos a esa empresa que toma las decisiones importantes, ni cuál es su rol y mucho menos describimos los roles de las empresas que forman parte de su cadena. Ahora pretendemos aclarar estos puntos.

La empresa que toma las decisiones importantes es llamada **Empresa Matriz**. Esta empresa matriz tiene un conjunto de tiendas en las que vende sus productos pero no es dueña de más nada en el entorno (podría haberse modelado pero no lo hicimos) y por ende debe pagarle al resto de las empresas del entorno por los servicios que necesite. El resto de las empresas son los *proveedores*, *manufactores*, *transportistas*, *almacenes*, *tiendas*.

Describamos entonces los roles de cada empresa en nuestra simulación:

- Empresa Matriz - Su objetivo fundamental es el de satisfacer las demandas de suministros de sus tiendas para disminuir las pérdidas de ventas por deficiencia de stock. La forma en la que cumple con este objetivo es la siguiente:
 - Realizar compras a proveedores.
 - Mandar a algún manufactor a crear cierta cantidad de unidades de un producto facilitándole a este la materia prima que necesita.
 - Pedirle a un distribuidor (transportista) que mueva productos de un punto del mapa a otro. Esta funcionalidad se usa para mover unidades de un proveedor a un manufactor, de un almacén a una tienda, etc.
- Proveedores - Su objetivo fundamental es vender productos que son creados por la naturaleza (leche, trigo, tomate, etc.).
- Manufactores - Su objetivo fundamental es vender productos que necesitan cierta elaboración, ejemplo: Pueden ofrecer crear el Pure de tomate pero este necesita tomate, azúcar, entre otros ingredientes para crearse y puede necesitar que la empresa matriz se los facilite.
- Almacenes - Su objetivo fundamental es ofrecer servicios para almacenar unidades de productos. Cada almacén tiene una capacidad máxima y ofrece un precio por sus servicios.
- Transportistas - Su único objetivo es enviar unidades de un punto a otro del mapa. El precio que pide por su servicio depende de la cantidad de unidades a transportar y de la distancia.
- Tiendas - Una tienda tiene 2 funciones:
 - Vender productos a sus clientes.
 - Pedir a su empresa matriz por más suministros de cierto producto.

Descripción del mapa

El mapa en el que habitan las empresas de nuestra simulación es representado por un grafo simple donde los nodos son puntos cartesianos en donde puede habitar o no una empresa y las aristas representan caminos simples entre 2 puntos del mapa. La distancia en una arista siempre es mayor que la distancia real entre los puntos cartesianos.

Modelación de los productos

En nuestra simulación todo ronda en relación a la compra, creación y venta de productos. De donde se hace necesario definir precisamente como se modela el concepto de producto en nuestra simulación.

Nuestra simulación distingue 2 tipos de productos:

- Productos bases o de materia prima: Estos son los productos que crea la naturaleza y son vendidos por los proveedores
- Productos creados por humanos (o manufactores): Estos son los productos resultantes de la mezcla de otros productos (pueden ser bases o no). Las características de estos nuevos productos son consecuencia de las características de los productos usados como ingredientes.

Describamos las características de los productos y mas adelante mencionaremos como se modela cada una de estas características:

- Sabor → representa el espectro de sabor del producto, esto es, que tan dulce, salado, amargo, ácido y picante es este.
- Propiedades nutritivas → representa que tanta grasa, proteínas y carbohidratos tiene el producto.
- Calidad inicial → La calidad que tiene el producto en el momento de su confección
- Función que calcula la calidad actual del producto → Esta función depende del tiempo y cada producto tiene una forma distinta de calcular como decrece la calidad del producto (el entorno se asegura de no permitir que la calidad del producto aumente con el tiempo)

Diferencia entre productos bases y los creados por manufactores

Los productos bases y los manufacturados cumplen lo mismo que se describió anteriormente. La única diferencia es que el producto manufacturado es uno que se crea a partir de los productos dados como ingredientes y toma en cuenta sus características de sabor, propiedades nutritivas y calidad en el momento que se usaron para crear el nuevo producto.

Nosotros dejamos como algo posible en nuestra simulación el permitir que la calidad del producto creado sea mayor que la de cualquier producto usado como ingrediente. Esto lo permitimos por el hecho de que en la vida real pudiera ser posible esto debido al tipo de procesamiento que se haga de los ingredientes.

Modelación de la fecha de vencimiento

En nuestra simulación la consideración de si un producto está vencido o no es dependiente de cada agente, es decir, es algo que forma parte de su percepción. Un producto puede ser considerado como vencido por las empresas como un producto que tiene calidad menor al 25% pero para un consumidor el vencimiento se podría apreciar cuando se baja del 40%.

Modelación del sabor de un producto

Nosotros modelamos el sabor de un producto como una distribución de los 5 sabores básicos conocidos:

- Dulce
- Salado
- Ácido
- Amargo
- Picante

La distribución de sabores la calculamos con porcentaje, es decir, que tanto por ciento del alimento es dulce, salado, etc. Pero la representamos internamente como un vector para facilitar el calculo de la similitud de sabores, que es útil a la hora de que un cliente pueda comparar el sabor de un producto con el sabor que considera ideal, que en última instancia le es útil para saber que tanto le gusta el producto.

Modelación de las propiedades nutritivas

Las propiedades nutritivas de un alimento es representada en nuestra simulación como un vector que tiene 3 componentes. Estos componentes están asociados a la cantidad de grasas, carbohidratos y

proteínas que aporta el producto.

La modelación de estas propiedades nutritivas como vectores es con el mismo objetivo que se tiene con los sabores, es decir, permitir que cada consumidor tenga unas propiedades nutritivas ideales que espera en el producto y así poder tener una ayuda a la hora de elegir un producto a consumir.

Descripción de los consumidores

Los consumidores en nuestra simulación son los clientes que llegan a cada tienda buscando comprar alimentos. Cada cliente que llega a la tienda está modelado como un agente (más adelante se explicará este punto en detalle) que cuando es atendido decide por los productos que se quiere llevar. La forma en la que decide por un producto es en base a sus preferencias y a los reviews de los productos que son dejados por los clientes al consumir en la tienda. Las preferencias de un cliente son las siguientes:

- Sabor favorito
- Propiedades nutritivas que espera obtener de un alimento
- Calidad mínima de los alimentos que quiere consumir

Descripción del ambiente en términos técnicos

En el libro *Reading in Agents* de Russel y Norving se sugiere clasificar los entornos en los que los agentes pueden tomar decisiones en base a los siguientes criterios:

- Accesibilidad: Un ambiente accesible es aquel en el cual el agente puede obtener información completa y actualizada sobre el estado del medio. Los ambientes más complejos (incluyendo el mundo real e Internet) son inaccesibles. Mientras más accesible sea un ambiente más fácil será construir agentes que operen en él.
- Determinismo del entorno: Un Ambiente determinista es aquel en el cual cualquier acción se puede garantizar que tiene un único efecto: no hay incertidumbre sobre el estado en que quedará el ambiente después de realizar una acción. El mundo real puede ser catalogado de no-determinista. Los ambientes deterministas no presentan un gran problema para los programadores de agentes
- Episódico vs No Episódico: En un ambiente episódico, el rendimiento de un agente depende de un número de episodios discretos, no existe ningún vínculo entre el rendimiento de un agente en escenarios diferentes. Un sistema para el ordenamiento de correos es un ejemplo de un ambiente episódico. Estos ambientes son mas singles desde el punto de vista de los programadores debido a que el agente puede decidir que acción debe realizar basado solamente en el episodio actual: el agente no tiene que razonar sobre las consecuencias que tendrá esto en el futuro
- Estático vs Dinámico: Un ambiente estático es aquel se mantiene inalterable a no ser que el agente realice una acción sobre él. Un ambiente dinámico es aquel en el que existen otros procesos operando sobre el y por consiguiente los cambios en él están fuera del control del agente. El mundo real es un ambiente altamente dinámico.
- Discreto vs Continuo: Un ambiente es discreto si existe un número fijo y finito de acciones y en el percepts. El juego de ajedrez se desarrolla sobre un ambiente discreto, mientras que manejar un taxi se realiza sobre uno continuo

De acuerdo a lo anterior nuestro ambiente se puede clasificar de la siguiente forma:

- Medianamente accesible → Los agentes solo pueden ver información de lo que ofrecen las empresas en el mapa, es decir, su menú. Pero son incapaces de ver la cantidad real de unidades de cada producto que tienen las empresas. La información referente a la cantidad de unidades en venta por una empresa, solo la conoce el agente cuando se comunica con el agente que ofrece los productos y esta información no tiene que ser la real

Resultados de un sencillo entorno