

PROPIEDADES DE LOS ALGORITMOS DE APRENDIZAJE

ÍNDICE

1. Introducción	3
1.1 Contexto y motivación del proyecto	3
1.2 Descripción general de la problemática	3
2. Explicación del proyecto	4
2.1 Funcionamiento general del sistema de reparto	4
2.2 Factores y variables considerados en la planificación	4
3. Objetivos del Proyecto	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. Desarrollo (Desarrollo de la Solución)	6
4.1 Modelado del entorno y del sistema de reparto	6
4.2 Cambios dinámicos	6
4.3 Esquema explicativo del sistema y descripción	7
5. Datos	8
5.1 Datos necesarios para el funcionamiento del modelo	8
5.2 Posibles fuentes y métodos de obtención	9
Conclusiones	10

1. Introducción

1.1 Contexto y motivación del proyecto

Actualmente, la logística de la última milla supone un gran desafío para las empresas de restauración y reparto domiciliario, cada día hay más pedidos en línea y la comodidad del consumidor obliga a las empresas a acelerar los tiempos de entrega para que estos entren en márgenes de tiempo aceptables y la experiencia sea lo mejor posible para este. Hay que buscar soluciones y la inteligencia artificial es una.

1.2 Descripción general de la problemática

Queremos desarrollar un sistema de planificación con inteligencia artificial que permita optimizar la distribución de pedidos de una pizzería localizada en el centro de Barcelona. La idea principal es que un sistema tenga la capacidad de calcular rutas eficientes para el conjunto de repartidores de la pizzería, considerando factores como la velocidad y estado de cada trabajador, así como las condiciones de tráfico, distancia al destino o el tiempo de entrega óptimo.

El objetivo es ofrecer un modelo capaz de **maximizar el número de pedidos entregados en el menor tiempo posible, minimizando los costes de operación y la exigencia física de los trabajadores**, integrando técnicas de inteligencia artificial como algoritmos de búsqueda, heurísticas de optimización y aprendizaje por refuerzo. Queremos que nuestro modelo sea capaz de **adaptarse** a distintos cambios, aprendiendo a distribuir pedidos sabiendo sobre el rendimiento histórico de los repartidores o las incidencias del entorno, para que sea lo más parecido al funcionamiento de un grupo de reparto más “moderno”.

2. Explicación del proyecto

2.1 Funcionamiento general del sistema de reparto

El proyecto nace de una idea simple, aunque con muchas variables: una pizzería lidia con montones de pedidos, cada uno con su destino único, y tiene varios repartidores listos para salir. El verdadero asunto reside en decidir quién entrega qué pedido, y en qué orden, para completar todo rápidamente y distribuir el trabajo justo. Pero esto no va solo de encontrar la ruta más corta. Hay que pensar en muchas cosas más.

Imagina, un repartidor cansado de trabajar muchos días seguidos, estará más agotado, y será menos eficiente, entonces le daremos menos trabajo. También, si hay una calle con mucho tráfico, el sistema cambiará la ruta. La calidad del servicio cuenta mucho también: la comida tiene un tiempo límite antes de enfriarse, así que los pedidos urgentes deben ir primero.

Este proyecto engloba planificación de rutas, gestión de recursos humanos, cálculo de tiempos y decisiones cuando el entorno cambia.

2.2 Factores y variables considerados en la planificación

Desde una perspectiva técnica, el sistema está construido sobre un grafo dinámico, que modela la vía pública. En este modelo, los nodos son puntos clave, p.e clientes o cruces, las aristas son las calles, cada uno con un peso que denota el tiempo estimado de viaje. Ese valor, bueno, puede cambiar con el tiempo, ajustándose a las condiciones reales del tráfico o incluso a cortes temporales. Sobre esta base, se ejecutan algoritmos para hallar las rutas óptimas, como A*, permitiendo el cálculo eficaz de los trayectos más cortos entre diferentes ubicaciones.

La segunda parte del sistema, gestiona la asignación de pedidos y planifica las rutas, lo que se conoce como el Vehicle Routing Problem with Time Windows o VRP-TW. Para resolverlo, usaremos métodos heurísticos, buscando el equilibrio entre los diferentes aspectos: la distancia total recorrida, el tiempo total invertido, las potenciales penalizaciones por retrasos, una repartición equitativa del trabajo y la carga física de los repartidores.

El sistema incorpora un elemento de aprendizaje por refuerzo. El modelo aprende a partir de la experiencia. Esto te permite tomar decisiones inmediatas, p.e. asignar un pedido a un repartidor o buscar el mejor momento para reagrupar entregas y enviarlas más tarde. Juntando búsqueda, optimización y aprendizaje, procuramos crear una herramienta adaptable.

3. Objetivos del Proyecto

3.1 Objetivo general

El objetivo principal e ideal del proyecto es crear un sistema de inteligencia artificial que sea capaz de **planificar y gestionar de manera óptima las rutas de reparto de un establecimiento de pizzas**, teniendo en cuenta tanto factores logísticos como humanos con el fin de mejorar los tiempos de entrega y la eficiencia.

3.2 Objetivos específicos

Buscamos **construir un modelo de representación del entorno urbano** que permita calcular rutas factibles entre el restaurante y los distintos clientes. Este modelo debe incorporar la posibilidad de modificar pesos o eliminar calles temporalmente para reflejar incidentes o cortes de tráfico.

Aparece el siguiente objetivo; se pretende **modelar el comportamiento de los repartidores** mediante diferentes parámetros, así como su velocidad media, la experiencia, el nivel de fatiga o los días seguidos que lleva trabajando. Esto permitirá al sistema adaptarse y por consiguiente, tomar decisiones mucho más humanas, distribuyendo la carga laboral justa y equitativamente.

Otro de los objetivos fundamentales es **integrar el factor tiempo** asociado a la calidad del producto. La comida entregada con retraso pierde valor, por lo que cada pedido tendrá un tiempo máximo permitido de entrega. De esta forma, el algoritmo debe priorizar aquellos pedidos cuya ventana temporal sea más ajustada.

El proyecto pretende **combinar distintos enfoques de IA**. Por un lado, algoritmos de búsqueda y optimización (A* o heurísticas de inserción y mejora local) que permitirán calcular rutas eficientes.

El aprendizaje por refuerzo servirá para que el modelo aprenda y se adapte a las condiciones del entorno de cara a la toma de decisiones.

La calidad del sistema se calculará mediante indicadores como el porcentaje de pedidos entregados a tiempo, la distancia total recorrida, el tiempo de entrega medio, el equilibrio de trabajo entre repartidores. No solo se pretende encontrar una solución eficiente sino que también se busca el **equilibrio entre rendimiento y la equidad laboral**, además de maximizar los beneficios minimizando los gastos.

4. Desarrollo (Desarrollo de la Solución)

4.1 Modelado del entorno y del sistema de reparto

La solución planteada combina tres niveles de inteligencia: planificación estática inicial, planificación dinámica y aprendizaje adaptativo.

El sistema construye una **planificación inicial offline**. Se parte de los pedidos disponibles y se aplican algoritmos de agrupación geográfica para asignar lotes de entregas a cada repartidor. Se crea una ruta con el algoritmo A, calculando la ruta más breve considerando el tiempo estimado de viaje en el mapa de calles. Además, se calcula una función de coste combinada considerando distintos factores como el tiempo total de entrega, la distancia recorrida, penalizaciones por retraso y la fatiga de los repartidores.

4.2 Cambios dinámicos

El sistema trabaja en línea y tiene que responder a cosas inesperadas, como nuevos pedidos, incidencias o atascos de tráfico. Se usa un módulo de reasignación inteligente basado en aprendizaje por refuerzo.

El agente de refuerzo, que es observador, estudia el estado total el posicionamiento y disponibilidad de los repartidores, además de la cantidad de pedidos pendientes, los tiempos estimados de entrega y la fatiga que se acumula, y acto seguido decide la mejor acción para ese instante: si darle un nuevo

pedido a un repartidor, si reagrupar muchos pedidos en una zona o si esperar un poco antes de lanzar una nueva orden.

El proceso de aprendizaje se entrena usando simulaciones que replican situaciones reales como días de mucha demanda, cambios en el tráfico. Con el paso del tiempo, el agente aprende a prever retrasos y a equilibrar la carga de trabajo, y eso hace que obtenga resultados más estables y equitativos.

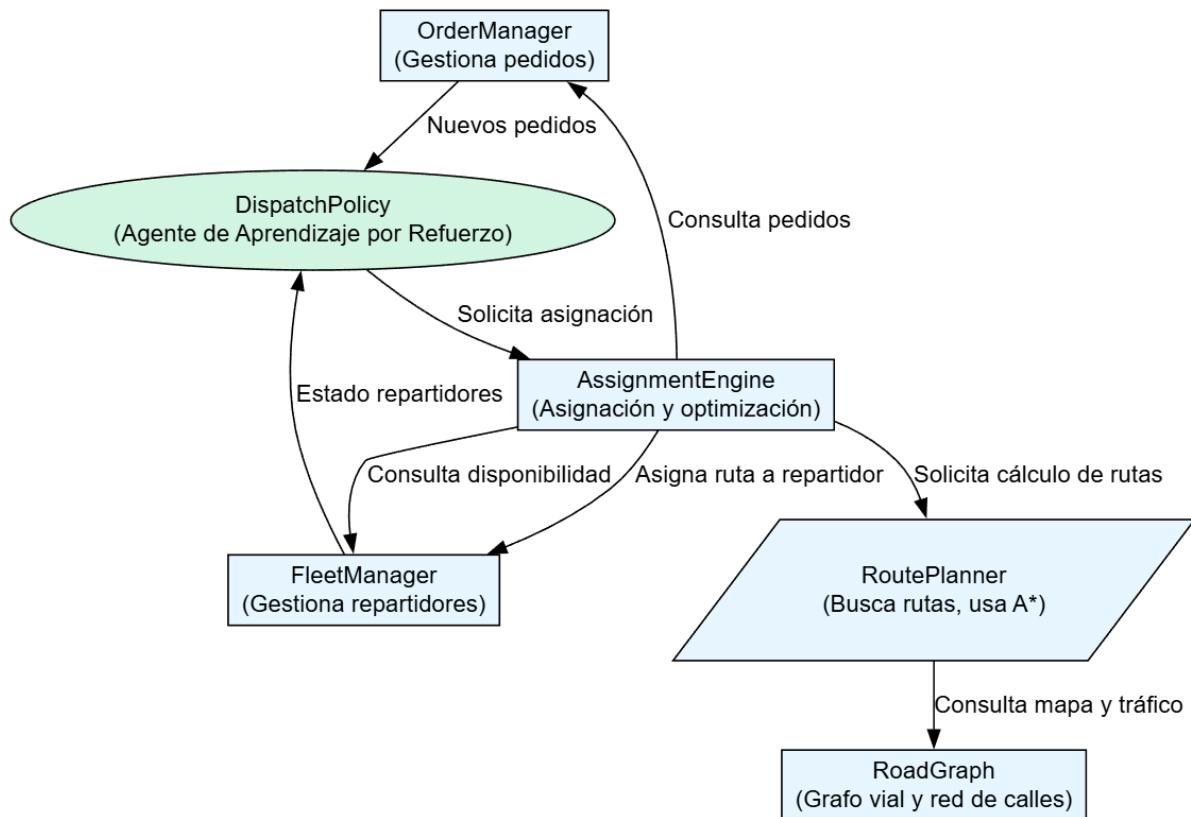
Tenemos pensado crear un módulo de simulación que permita probar el comportamiento del sistema en distintos escenarios. Este simulador genera pedidos al azar, calcula los tiempos de entrega y actualiza los estados de los repartidores. Así, es posible analizar el rendimiento del sistema y medir su capacidad de adaptación.

4.3 Esquema explicativo del sistema y descripción

Considerando la informática, la arquitectura se divide en varios módulos fundamentales: ***OrderManager***, que gestiona los pedidos, ***FleetManager***, al cargo de los repartidores, ***RoadGraph*** que representa el grafo vial, ***RoutePlanner*** buscando rutas, ***AssignmentEngine*** encargada de la asignación y optimización y, finalmente, ***DispatchPolicy***, nuestro agente de aprendizaje por refuerzo. Todos estos componentes interactúan de manera organizada, facilitando la integración gradual de los distintos algoritmos.

La evaluación del sistema se llevará a cabo al comparar diversas configuraciones. Se usará la heurística estática de planificación, seguido de la integración del módulo de aprendizaje. Se estudiará el efecto de la fatiga y los cierres de calles, para determinar cuánto contribuye cada aspecto al resultado.

En resumen, la solución combina la exactitud de los algoritmos de búsqueda con la adaptabilidad del aprendizaje automático. Su diseño modular simplifica la experimentación y el perfeccionamiento continuo, ayudando a que el sistema se convierta en un planificador de entregas urbano inteligente, que puede ajustarse a entornos variables y elegir decisiones que conjugan eficiencia, puntualidad y el bienestar de los trabajadores.



5. Datos

5.1 Datos necesarios para el funcionamiento del modelo

El sistema requiere varios tipos de datos para operar de manera efectiva en la planificación y asignación de entregas:

- **Datos de pedidos:**

Información como dirección de entrega, hora de solicitud, tiempo máximo de entrega, tamaño o peso y prioridad del pedido.

- **Datos de repartidores:**

Identificador, ubicación actual, disponibilidad, carga de trabajo asignada, velocidad estimada, experiencia y nivel de fatiga.

- **Mapa y red de calles (grafo vial):**

Calles, distancias entre nodos, restricciones de circulación, zonas peatonales, así como tiempos medios de desplazamiento.

- **Condiciones dinámicas del entorno:**

Información en tiempo real o estimada sobre congestiones de tráfico, cortes de calles, obras, accidentes o zonas inaccesibles.

- **Histórico de operaciones:**

Tiempos de entrega anteriores, rutas recorridas, incidencias frecuentes y patrones de demanda temporal (por ejemplo, horas punta).

Estos datos permiten tanto la planificación inicial como el ajuste dinámico mediante el módulo de aprendizaje por refuerzo.

5.2 Posibles fuentes y métodos de obtención

La información necesaria puede obtenerse mediante distintas fuentes, dependiendo del nivel de detalle disponible:

- **Sistemas internos de gestión:**

Los pedidos y la disponibilidad de repartidores pueden provenir directamente del software

de gestión de la empresa o plataforma de reparto.

- **Sensores y GPS de los repartidores:**

La ubicación, velocidad y variaciones en los tiempos de desplazamiento pueden registrarse mediante aplicaciones móviles instaladas en los dispositivos de los trabajadores.

- **APIs de mapas:**

Servicios como Google Maps, OpenStreetMap o Here Maps pueden proporcionar el grafo inicial de la ciudad, así como estimaciones de tráfico en tiempo real.

- **Datos históricos registrados por el sistema:**

Se pueden almacenar patrones de demanda, duraciones reales de rutas e incidencias frecuentes, útiles para el aprendizaje automático.

- **Simulación para entrenamiento:**

Cuando no es posible obtener todos los datos reales, se pueden generar escenarios simulados, para entrenar al agente de refuerzo bajo diferentes condiciones.

Conclusiones

En conclusión, este proyecto trata sobre una solución para optimizar los repartos de pizzas en una pizzería mediante técnicas de búsqueda, optimización y aprendizaje por refuerzo, intentando mejorar la eficiencia, reducir costes y equilibrar el trabajo realizado por los trabajadores

Repartimiento de la faena:

25% - Rodolfo Hernandez - 25% - Joan Fernandez - 25% - Pau Albert - 25% - Alen Danielyan

La redacción de los apartados ha sido conjunta, cada uno ha aportado su idea y las hemos enfatizado en una.