

Universidad Nacional del Este.
Facultad Politécnica.



Sistema de compra inteligente basado en el histórico de ventas.

Valeria Soledad Arevalos Arevalos
y Marcelo Andrés González Arias

Año 2023.

Universidad Nacional del Este
Facultad Politécnica

Carrera Ingeniería de Sistemas.
Cátedra Trabajo Final de Grado II.

Sistema de compra inteligente basado en el histórico de ventas.

Por: **Valeria Soledad Arevalos Arevalos**
y **Marcelo Andrés González Arias**

Profesor Orientador: **Lic. Roberto Alfredo Demestri Rigoni.**

Trabajo final de grado presentado a la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero de Sistemas.

Ciudad del Este, Alto Paraná. Paraguay.

Julio 2023

FICHA CATALOGÁFICA
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD POLITÉCNICA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ESTE

Arevalos Arevalos, Valeria Soledad 1998.
Sistema de compra inteligente basado en el histórico de ventas
González Arias, Marcelo Andrés 1995
Ciudad del Este, Alto Paraná. Año: 2023.
Páginas: <cantidad de páginas>.

Orientador: Lic. Roberto Alfredo Demestri Rigoni.
Área de estudio: Tecnológica.
Carrera: Ingeniería de Sistemas.
Titulación: Ingeniero de Sistemas.
Trabajo Final de Grado. Universidad Nacional del Este,
Facultad Politécnica.

Descriptores: 1. Valeria Arevalos. 2. Marcelo González
Smart purchasing system based on sales history.
Key words: 1. *, 2. *
3. *.

Yo, <nombre del Profesor Orientador>, documento de identidad No. <No. de documento de identidad del Profesor Orientador>, Profesor Orientador del TFG titulado “<título del TFG>”, del Alumno <nombre del Alumno>, documento de identidad No. <No. de documento de identidad del Alumno>, de la carrera <nombre de la carrera> de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este; certifico que el mencionado Trabajo Final de Grado ha sido realizado por dicho Alumno, de lo cual doy fe y en mi opinión reúne las condiciones para su presentación y defensa ante la Mesa Examinadora designada por la institución.

<fecha>

<nombre del Profesor Orientador>

Nosotros, los miembros de la Mesa Examinadora del Trabajo Final de Grado titulado “<título del TFG>”, de la carrera <nombre de la carrera> de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este, hacemos constar que el citado trabajo ha sido evaluado en fondo y forma por esta Mesa, la que por _____ ha resuelto asignar la calificación _____

Ciudad del Este, ____ de _____ de ____

Profesor _____
Presidente de la Mesa Examinadora

Profesor _____

Miembro de la Mesa Examinadora

Profesor _____

Miembro de la Mesa Examinadora

Escribir aquí la dedicatoria.
Su extensión no debería exceder de una página.

<Escribir aquí los agradecimientos.>
<Su extensión no debería exceder de una página.>

<Escribir aquí el epígrafe (frase u oración favorita).>
<Su extensión no debería exceder de una página.>

Resumen

El presente trabajo propone el desarrollo de un sistema inteligente de compras, utilizando un modelo matemático de predicción de la demanda de insumos para el restaurante. El modelo se basa en la utilización de técnicas estadísticas avanzadas y métodos de pronóstico para analizar los patrones de consumo pasados y prever con precisión las cantidades de insumos necesarias en períodos futuros. Esto permitirá reducir el desperdicio de alimentos, optimizar los niveles de inventario y mejorar la eficiencia operativa del restaurante.

Una parte fundamental de este estudio es la incorporación de redes neuronales en el proceso de predicción de la demanda. Las redes neuronales ofrecen la capacidad de capturar relaciones complejas entre variables y adaptarse a los cambios en los patrones de consumo con el tiempo. Se propondrá la implementación de una red neuronal adecuadamente entrenada para refinar las predicciones obtenidas a partir del modelo matemático, lo que aumentará aún más la precisión de las estimaciones de demanda.

La metodología de esta investigación involucrará la recopilación y análisis de datos históricos de ventas y compras del restaurante, así como la exploración de diversas técnicas de pronóstico y algoritmos de redes neuronales. Se llevarán a cabo experimentos y pruebas comparativas para evaluar la eficacia del sistema propuesto en términos de reducción de costos, mejora de la gestión de inventario y satisfacción general del cliente.

En última instancia, se espera que esta tesis contribuya al desarrollo de un sistema de compras inteligente y efectivo que permita a los restaurantes tomar decisiones informadas y oportunas en cuanto a la adquisición de insumos. La combinación de un modelo matemático de predicción de demanda y la implementación de redes neuronales representa un enfoque novedoso y prometededor para abordar los desafíos de la gestión de inventario en la industria gastronómica, mejorando la eficiencia y sostenibilidad operativa.

Descriptores: 1. Predicción de la demanda de insumos, 2. Modelo matemático, 3. Redes neuronales artificiales.

Abstract

The present study proposes the development of an intelligent purchasing system, utilizing a mathematical model for predicting ingredient demand in a restaurant. The model is based on the use of advanced statistical techniques and forecasting methods to analyze past consumption patterns and accurately predict the quantities of ingredients required in future periods. This will enable the reduction of food waste, optimization of inventory levels, and enhancement of the restaurant's operational efficiency.

A crucial aspect of this research involves the integration of neural networks into the demand prediction process. Neural networks offer the capability to capture complex relationships between variables and adapt to changes in consumption patterns over time. The implementation of a properly trained neural network will be suggested to refine the predictions derived from the mathematical model, further enhancing the accuracy of demand estimations.

The methodology of this investigation will encompass the collection and analysis of historical sales and purchasing data from the restaurant, as well as the exploration of various forecasting techniques and neural network algorithms. Experiments and comparative tests will be conducted to assess the effectiveness of the proposed system in terms of cost reduction, inventory management improvement, and overall customer satisfaction.

Ultimately, it is anticipated that this thesis will contribute to the development of an intelligent and effective purchasing system that empowers restaurants to make informed and timely decisions regarding ingredient procurement. The combination of a mathematical demand prediction model and the implementation of neural networks represents a novel and promising approach to addressing inventory management challenges in the culinary industry, thereby enhancing operational efficiency and sustainability.

Key words: 1. Input Demand Forecast , 2. Matematical Modelling, 3. Artificial Neural network.

Índice general

Resumen	IX
Abstract	X
Índice de figuras	XI
Índice de tablas	XII
Acrónimos y símbolos	XIII
1. Introducción	1
1.1. Motivación	2
1.2. Definición del problema	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. General	3
1.3.2. Específico	3
1.4. Hipótesis	3
1.5. Fundamentación	3
1.6. Impacto de la investigación	4
1.7. Organización del trabajo.	4
2. Predicciones de Compras	5
2.1. Conceptos fundamentales	5
2.2. Antecedentes	5
Anexo A.	9
Glosario	9
Anexos	9
Referencias bibliográficas	10

Índice de figuras

Índice de Tablas

Acrónimos y símbolos

π razón de la circunferencia del círculo a su diámetro. 5

. 9, 10, 12

. 10, 11

SVM Support Vector Machine. 5

Capítulo 1

Introducción

En el dinámico entorno de la industria gastronómica, la gestión eficiente de recursos se erige como una prioridad estratégica para alcanzar el éxito operativo y financiero. Entre estos recursos, los insumos desempeñan un papel fundamental, y su manejo adecuado no solo impacta la calidad y la consistencia de los platillos ofrecidos, sino también la rentabilidad y sostenibilidad del negocio en su conjunto. En este contexto, emerge la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras y tecnológicas que permitan anticipar y ajustar la demanda de insumos de manera inteligente y precisa.

La gestión de un restaurante, es la actividad de dirección coordinada, relacionada con la oferta y el servicio de alimentos y bebidas en empresas de restauración, cumpliendo los requisitos que exige dicha actividad, con el objetivo de satisfacer necesidades y expectativas de sus clientes [1].

En el contexto actual de competitividad, es común que las empresas de servicios busquen mejorar sus sistemas de gestión, y adopten métodos y principios gerenciales de empresas industriales para aumentar su productividad y calidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta que cada tipo de empresa tiene sus particularidades y características únicas que deben ser consideradas para una gestión eficiente.

En el caso de las empresas de servicios de restauración, es esencial estudiar y analizar las características de su actividad, y las particularidades del servicio que ofrecen, para poder aplicar los métodos y principios gerenciales de manera efectiva. Esto permitirá una gestión óptima de la entidad, mejorando los resultados económicos y asegurando la permanencia del negocio.

Entre las particularidades de la actividad de restauración, se pueden mencionar la importancia de la atención al cliente, la gestión de la calidad de los alimentos y bebidas, el manejo adecuado de los costos y la gestión de inventarios, entre otros aspectos. Estas características deben ser consideradas al momento de aplicar métodos de mejora de la productividad y calidad, y

adaptarlos a las necesidades específicas de la empresa de servicios de restauración.

Es cierto que las empresas de restauración constituyen un sistema operativo empresarial que se compone de varios subsistemas interrelacionados que trabajan juntos para lograr los objetivos empresariales. Uno de estos subsistemas es el de compras, que es fundamental para garantizar la eficacia del sistema de aprovisionamiento y, por tanto, para la planificación, producción y servicio.

El subsistema de compras tiene la responsabilidad de satisfacer las necesidades del subsistema de aprovisionamiento, asegurándose de que los abastecedores con los que se firma convenios cumplan con las especificaciones de calidad establecidas por la empresa de restauración. Además, es importante que el subsistema de compras garantice el abastecimiento de los productos necesarios y de alta calidad para la empresa de restauración.

Mediante los sistemas computacionales se logran procesar cada vez más cantidad de información, y realizar cálculos y operaciones, complejas por lo que realizar predicciones con estos sistemas resultan más confiables. Esta precisión puede ser mejorada ampliamente utilizando varias técnicas de predicción.

1.1. Motivación

La motivación que condujo al autor a seleccionar el tema y emprender la investigación. Así, se trata de un contexto dependiente enteramente de los gustos e intereses propios del autor.

La motivación que condujo al autor a seleccionar el tema y emprender la investigación. Así, se trata de un contexto dependiente enteramente de los gustos e intereses propios del autor.

1.2. Definición del problema

Este sistema debe ser capaz de utilizar el histórico de ventas del local para predecir la demanda futura de los productos, y en consecuencia, realizar las compras de manera más eficiente y rentable para la gerencia del local.

Problema de investigación: *Necesidad de optimizar la gestión de compras de materia prima de un local gastronómico en Ciudad del Este, utilizando sistema inteligente computarizado basado en el histórico de ventas.*

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Desarrollar un sistema de compra inteligente basado en histórico de ventas para optimizar la gestión de compras de una empresa gastronómica de Ciudad del Este mediante algoritmos y técnicas de análisis de datos para predecir la demanda de productos en función del comportamiento de los clientes.

1.3.2. Específico

1. Comprender en profundidad la lógica de negocio de la empresa gastronómica para identificar los procesos críticos que deben ser incluidos en el sistema informático a desarrollar.
2. Recabar los requisitos del sistema con los usuarios y partes interesadas.
3. Modelar la lógica del sistema informático, utilizando técnicas y herramientas adecuadas, para garantizar su integridad y eficiencia.
4. Codificar el modelo lógico definido en lenguajes de programación Python y PHP.
5. Depurar los datos cuantitativos recopilados sobre el comportamiento del consumidor.
6. Realizar pruebas de usabilidad, accesibilidad, multiplataforma, y escalabilidad.

1.4. Hipótesis

La implementación de un sistema inteligente en un local gastronómico de Ciudad del Este, posibilitará una gestión de compras cuya eficiencia posibilitará reducir el costo de materia prima en al menos 10 % y predecir al menos con 70 % de acierto, la variedad y cantidad de productos a ser comprados.

1.5. Fundamentación

En el entorno comercial actual, la toma de decisiones basada en información histórica puede ser un factor clave para el éxito de una empresa. Sin embargo, en muchos casos, esta información no se explota adecuadamente y la gestión de datos se convierte en una tarea compleja.

En el caso de una empresa gastronómica, es importante conocer el rendimiento en ventas y controlar los índices que reflejen el desempeño del negocio. Sin embargo, la simple gestión de estos índices no es suficiente, ya que la empresa puede planificar una determinada cantidad de ventas y adquirir una cantidad de materia prima en consecuencia, pero luego no lograr vender todo lo adquirido y mantener un exceso de stock, o incluso tener productos en inventario que no se rotan.

Es por eso que se plantea el desarrollo de una aplicación que permita proyectar las ventas, para tener un presupuesto real de compras que se adapte a la demanda del mercado y evite el exceso de stock o la falta de rotación de inventarios. De esta manera, la empresa podrá tomar decisiones informadas y maximizar su rendimiento.

1.6. Impacto de la investigación

La implementación del sistema inteligente de compra basado en el histórico de ventas permitirá al gerente de la empresa tomar decisiones informadas y estratégicas, lo que se traducirá en un mejor desempeño económico y financiero de la compañía.

Además, la investigación realizada para el desarrollo del sistema también tendrá un impacto positivo en otros estudiantes y futuros proyectos, ya que se podrán utilizar los conocimientos y experiencias adquiridos para mejorar otros procesos y aplicaciones en el ámbito empresarial y tecnológico. En consecuencia, la investigación tendrá un impacto significativo tanto en la empresa como en el ámbito académico y profesional.

1.7. Organización del trabajo.

El presente trabajo está organizado de siguiente manera:

Capítulo 2: Se presentan algunos conceptos relacionados con las predicciones de compras de insumos, cómo funciona la relación de demanda y gestión de suministro de un local gastronómico, por qué es importante la predicción de compra de insumos para el planeamiento futuro tanto a corto, mediano y largo plazo, los factores que influyen en el comportamiento de la curva de insumos demandados y tiempos actuales en las predicciones de demanda.

Capítulo 2

Predicciones de Compras

La predicción es el proceso de anticipar la cantidad y tipo de insumos que un negocio gastronómico necesitará adquirir en el futuro, con el objetivo de asegurar un suministro adecuado y eficiente.

2.1. Conceptos fundamentales

Definiciones y profundizaciones descriptivas de conceptos e ideas que abstraen la realidad abordada.

2.2. Antecedentes

Estudios y experiencias previas que se relacionan con el tema investigado y resumen de los hallazgos más importantes que ayudan a configurar el estado actual de la ciencia en el área de la problemática a ser tratada en los siguientes capítulos. La exposición teórica debe discurrir desde lo más antiguo hacia lo actual y desde lo más amplio hacia el tema específico del trabajo. Al final esta revisión debe posibilitar averiguar el estado de conocimiento actual y en qué medida brinda una respuesta (parcial) a las preguntas emanadas de la definición del problema [1].

Este capítulo usualmente es prolífico en citas de fuentes bibliográficas. Se recomienda usar el formato estándar IEEE Computer para las referencias, i.e, una lista numerada al final del artículo, ordenada alfabéticamente por el primer autor, y citada en el texto por números en corchetes [2]. Una gran ventaja de este estilo de referenciación es que se basa en números que siempre resultan más ágiles de manipular en comparación con otros estilos que emplean combinaciones de nombres y fechas. Véanse los ejemplos de citas en este documento.

Además, suele contener elementos tales como nombres propios, locuciones latinas y extranjeras, abreviaturas y acrónimos, símbolos gráficos de diversos significados.

Este documento auto explicado diseñado para servir de guía del informe de investigación fue elaborado en Latex (\LaTeX), el cual es un lenguaje de etiquetas de uso profesional para la divulgación del trabajo de investigación científica o tecnológica. A continuación se presentan ejemplos de elementos constitutivos de un informe de trabajo de investigación como es el TFG. Consúltese el archivo fuente *tex* de este documento para ver cómo se definen tales elementos y verifíquese en este documento *pdf* cómo se ve la salida obtenida en cada caso:

1. cómo aparece en el cuerpo del documento,
2. cómo aparece en las listas correspondientes (de acrónimos y símbolos, de figuras, de tablas y en el glosario).

Solo se muestran casos típicos, remitiendo al lector a la copiosa ayuda que se encuentra en línea para profundizar en los detalles y dar un formato en \LaTeX al informe del TFG.

Ejemplos de elementos constitutivos *Entradas de glosario*

Abarca definiciones de vocablos de la jerga científica y técnica empleados en la redacción del informe del trabajo de investigación.

■ *Ejemplo No. 1.*

1. *Electrolito*: (mayúscula).
2. El *electrolito* (minúscula) de la pila voltaica es una solución al 5 % de ácido sulfúrico en agua destilada.
3. En la práctica, los *electrolitos* (plural) usualmente existen como soluciones de sales, bases o ácidos.

■ *Ejemplo No. 2.*

1. Linu (de su creador Linus Torvald) + x: (Linux) es un sistema operativo de uso libre (mayúscula en singular).
2. Existe una gran gama de distribuciones de Linuces (mayúscula en plural).
3. En la Facultad Politécnica se realizan muchos trabajos de investigación mediante el sistema operativo Linux (siguientes menciones).

■ *Ejemplo No. 3.*

Matrices son arreglos usualmente denotados por una letra negrita mayúscula, tal como **A**. El elemento (i, j) -ésimo de la matriz **A** es usualmente denotado como a_{ij} . Matriz **I**: matriz identidad.

Entradas de acrónimos y símbolos

Abarcan abreviaturas, siglas y símbolos diversos que representan conceptos y que como tales, además poseen un nombre extenso según su naturaleza. Al redactar el informe de investigación, el alumno debe recordar valerse de la gran ayuda disponible en Internet para conseguir reproducir cada objeto gráfico de manera expedita.

■ *Ejemplo No. 1. Acrónimo.*

Primer uso: Support Vector Machine (SVM). Siguiendo uso: SVM. Forma corta: SVM. Forma larga: Support Vector Machine. Forma completa: Support Vector Machine (SVM)

■ *Ejemplo No. 2. Símbolo.*

El número razón de la circunferencia del círculo a su diámetro (π) es una cantidad irracional, y como tal, exactamente innumerable en el sentido que no puede ser exactamente expresada en cifras: $\pi = 3,141592653589793238462643383279\dots$ Así, el valor de π para muchos fines prácticos suele aproximarse a 3,14.

Símbolos y expresiones matemáticas

Abarca desde una simple notación o expresión en medio de un renglón hasta complejos arreglos de ecuaciones o matrices con símbolos difíciles de reproducir. Estos símbolos y expresiones requieren ser escritos en entornos matemáticos y a menudo demandan numeración secuencial que facilitan la referencia cruzada desde el texto. En \LaTeX , como en ningún otro procesador de documentos científicos, existen varios miles de símbolos matemáticos que permiten escribir prácticamente cualquier símbolo matemático que un autor pueda precisar. Esto es natural, tratándose de una herramienta informática creada a propósito para atender las necesidades de comunicación del conocimiento científico [3, 4].

Las expresiones matemáticas se escriben solamente dentro de entornos matemáticos, también, en general, los símbolos propios de expresiones matemáticas. A continuación, algunos de estos entornos y expresiones matemáticas como ejemplos:

Así se escribe una ecuación en línea: $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$, donde el entorno en línea está denotado por el par de apertura y cierre $\$ \dots \$$. Opcionalmen-

te, se logra el mismo resultado con el par $\backslash(\dots\backslash)$, como puede apreciarse:
 $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$.

Una expresión matemática desplegada en línea especial separada del texto se obtiene con el entorno matemático creado por el par de apertura y cierre $\backslash[\dots\backslash]$. Por ejemplo:

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\alpha}$$

se obtiene de esta manera.

Cuando se demanda de ecuaciones numeradas, principalmente útiles para referencias cruzadas a las mismas, se emplea el siguiente entorno matemático que produce la salida correspondiente:

$$\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \left(x_{i,i+1}^{i^2} \right) \frac{\sqrt{\mu(i)^{\frac{3}{2}}(i^2 - 1)}}{\sqrt[3]{\rho(i) - 2} + \sqrt[3]{\rho(i) - 1}} \quad (2.1)$$

Nótese el uso de indentación jerárquica para rastrear la estructura de la fórmula, el espaciado para resaltar las llaves y la separación de líneas para los varios pedazos de fórmulas que son más largas que una línea de texto normal. LaTeX posee la capacidad de gestión automática de numeración y contadores, de manera que el escritor no debe actualizar manualmente los cambios de número y sus respectivas referencias.

Como ejemplo final, este es un ejemplo de referencia cruzada, (teorema 1 y Ec. 2.2):

Teorema 1 (Teorema de Pitágoras) *En un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos:*

$$hip^2 = cat_1^2 + cat_2^2 \quad (2.2)$$

donde: *hip* es la hipotenusa del triángulo rectángulo y, *cat*₁ y *cat*₂ son los catetos del mismo.

Anexo A.

Los apéndices y anexos resultan útiles para describir con mayor profundidad ciertos materiales, sin distraer la lectura del texto principal del reporte o evitar que rompan con el formato de éste. Algunos ejemplos serían el cuestionario utilizado, un código de programa computacional, análisis estadísticos adicionales, la demostración matemática de un teorema complicado, fotografías testimoniales, etc.

Referencias bibliográficas

- [1] Roberto Hernández, C. Fernández, y M. P. Baptista, *Metodología de la investigación*, 5th ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- [2] J. Demasi, *Formato IEEE. Estilo y Referencias Bibliográficas*. El Instituto de Ingeniería Eléctrica (IIE), Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, 2011, <http://iie.fing.edu.uy/institucional/biblioteca/presentaciones/Citas-IEEE-2011.pdf>.
- [3] J. J. O'Connor y E. F. Robertson, *Donald Ervin Knuth*. School of Mathematics and Statistics. University of St Andrews, Scotland, 2009. [en línea]. Disponible: <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Knuth.html>
- [4] *LaTeX3 project team personnel, An introduction to L^AT_EX*. L^AT_EX project site, 2008. [en línea]. Disponible: <http://latex-project.org/intro.html>