

MEMÓRIA DESCRITIVA
DA
PATENTE DE INVENÇÃO

Nº 93 187

NOME: A. C. NIELSEN COMPANY, americana, industrial e comercial, com sede em Nielsen Plaza, Northbrook, Illinois, Estados Unidos da América.

EPÍGRAFE: "PROCESSO PARA O CONTROLO DO INVENTÁRIO DAS EXISTÊNCIAS EM PRATELEIRAS NO COMÉRCIO RETALHISTA"

INVENTORES: LEONARD CHRISTOPHER GORDON ROBERS, FRANCIS PATRICK KELLY e JACQUELIN WINIFRED PULLIN

Reivindicação do direito de prioridade ao abrigo do artigo 4º da Convenção da União de Paris de 20 de Março de 1883.

Nos Estados Unidos da América em 17 de Fevereiro de

1989, sob o Nº 312.256

Wifama

- 2 -

RESUMO:

A invenção refere-se a um processo para o controlo do inventário das existências em prateleiras (10) no comércio retalhista que inclui a utilização de uma memória (14, 16, 18) para a armazenagem dos dados do inventário. Os dados do inventário incluem um período de estudo uma hora de abertura e outra hora de fechamento da actividade retalhista em cada dia, dentro do citado período de estudo e os dados históricos para o inventário relativos ao referido período de estudo para cada um de um certo número de artigos ou produtos diferentes do inventário. Os dados históricos do inventário incluem o valor do movimento, o nível de serviços ao cliente, a proporção de negócios efectuados em cada dia do período em estudo e a variabilidade de procura. O programa de optimização e a unidade de processamento (16, 12) são operacionalmente ligados aos dispositivos de memória (14, 16, 18) para optimizarem a capacidade das prateleira (204, 400, 402, 404) para qualquer ou cada artigo da referida pluralidade de artigos do inventário. Tanto os valores de capacidade das prateleiras escolhidas pelos utentes, como o valor optimizado da capacidade das prateleiras podem ser utilizados separadamente para se calcular os níveis de armazenagem pretendidos, níveis de encomendas, (206, 500, 502, 504, 506), vendas calculadas, vendas perdidas avaliadas (208, 600, 602), valores médios de inventário e níveis de serviço aos clientes alcançados (210, 604, 700, 702, 704, 706, 708).

Wifama

- 3 -

ENQUADRAMENTO GERAL DA INVENÇÃO

Campo técnico da invenção

A presente invenção refere-se geralmente, a sistemas para o controlo e gestão do inventário e, mais particularmente, à metodologia de processamento de dados e ao sistema para a gestão do inventário das existências em prateleira no comércio retalhista.

Descrição do estado da técnica anterior

São já conhecidos sistemas para o controlo e a gestão de inventários computadorizados. Uma publicação intitulada "INFOCAL Principles of Inventory Management Application Description" ("Descrição da Aplicação dos Princípios de Gestão por Inventários INFOCAL"), segunda edição, Maio de 1972, registada por IBM Corporation, apresenta uma descrição dos princípios gerais da gestão por inventários e como estes princípios são aplicados na prática no programa de aplicação INFOCAL para a gestão de inventários desenvolvidos pela IBM Corporation. No entanto, esses sistemas de inventário computadorizados não tratam adequadamente o problema de proporcionar um sistema para controlo e gestão do inventário das existências em prateleiras no comércio retalhista que tenha uma metodologia de processamento de dados capaz de identificar a capacidade óptima das prateleiras com base em produtos individuais e utilizar a capacidade óptima das prateleiras identificadas para efectuar a planificação das datas de renovação de encomendas e das quantidades para os produtos individuais.

Sumário da invenção

Um objectivo principal da presente invenção consiste em proporcionar um sistema de controlo e de gestão do in-

Wifama

inventário das existências nas prateleiras no comércio retalhista aperfeiçoado. Outros objectivos importantes da presente invenção consistem em proporcionar um sistema de gestão do inventário das existências em prateleiras no comércio retalhista aperfeiçoado capaz de identificar uma capacidade óptima das prateleiras numa base de produtos individuais; proporcionar um sistema capaz de identificar níveis de armazenagem pretendidos e os níveis no momento de efectuar as encomendas separadamente utilizando a capacidade óptima identificada das prateleiras e/ou um valor da capacidade das prateleiras fornecido pelo utilizador; e proporcionar um sistema capaz de identificar as vendas previstas e os níveis de serviço aos clientes atingidos.

Em resumo, os objectivos e as vantagens da presente invenção são atingidos por meio de um sistema de gestão dos inventários das existências em prateleiras no comércio retalhista que inclui uma memória para memorizar os dados do inventário. Os dados do inventário incluem um período de estudo e a indicação da hora de abertura e da hora do encerramento da actividade retalhista de cada dia compreendido dentro do período de estudo e os dados históricos do inventário durante o referido período de estudo para cada um de um certo número de artigos ou produtos diferentes do inventário. Os dados históricos do inventário incluem o valor do movimento comercial, o nível de serviço aos clientes, a proporção de negócios efectuados em cada um dos dias durante o referido período de estudo e a variabilidade da procura. Ligam-se operativamente meios de optimização com os mencionados meios de memória para optimizar a capacidade das prateleiras em relação a qualquer artigo ou a cada artigo da citada pluralidade de artigos do inventário. Tanto os valores da capacidade das prateleiras seleccionados pelo utilizador como os valores optimizados da capacidade das prateleiras podem ser utili

Wifama

zados separadamente para calcular os níveis de armazenagem pretendidos, níveis no momento da encomenda, vendas previstas, vendas perdidas previstas, valores médios do inventário e níveis de serviço aos clientes alcançados.

Breve descrição dos desenhos

A presente invenção conjuntamente com os objectivos e vantagens acima referidos e ainda outros pode ser melhor compreendida por intermédio da seguinte descrição pormenorizada da forma de realização representada nos desenhos anexos nos quais

a Figura 1 é uma representação em diagrama de blocos de um sistema de inventário das existências em prateleiras no comércio retalhista de acordo com a presente invenção; e

as Figuras 2 a 7 são diagramas de fluxo que representam as operações lógicas realizadas pelo sistema de inventário em prateleiras no comércio retalhista da Figura 1.

Descrição pormenorizada da forma de realização preferida

Fazendo agora referência aos desenhos, na Figura 1, está representado um diagrama de blocos de um sistema de inventário das existências em prateleiras no comércio retalhista designado geralmente com o número de referência 10.

O Apêndice I anexo apresenta uma descrição pormenorizada de um modelo de inventário estocástico de acordo com a presente invenção. O Apêndice I refere a definição do problema e indica os resultados obtidos com o modelo de inventário estocástico de acordo com a presente invenção e inclui tanto uma descrição matemática como uma especificação de um correspondente programa apresentado como um exemplo escrito em Pascal para realizar a descrição matemática.

Wifama

Como se representa na Figura 1, o sistema de inventário das existências em prateleira (10) inclui uma unidade central de processamento (12) e uma memória associada geralmente designada pelo número de referência (14). Como se encontra representado, a memória (14) inclui um espaço da memória para programas (16) para memorizar o programa de inventário em prateleira no comércio retalhista de acordo com a presente invenção e uma pluralidade de espaços de memória de dados (18) para memorizar múltiplos ficheiros de dados (1)-(1) que incluem tanto dados fornecidos pelo utilizador como também resultados de dados calculados de conjuntos e ordenações de dados. Um teclado (20) é acoplado à unidade central de processamento (12) para dar entrada às escolhas e dados do utilizador. Um écran de visualização (22) e uma impressora (24) são também acoplados à unidade central de processamento (12) para indicar os resultados calculados ao utilizador. O sistema de inventário de existências em prateleiras no comércio retalhista (10) pode ser realizado por um sistema de computador pessoal, por exemplo, um computador IBM PS/20 Modelo 80 com uma memória associada de 70 Kbytes de disco ou vários outros sistemas baseados em microcomputadores comercialmente disponíveis.

Como se mostra mais adiante no Apêndice I, parágrafo com o título "B. Resultados do modelo", o sistema de inventário em prateleiras de comércio a retalho 10 proporciona uma capacidade de prateleiras óptima com base num produto individual. Também se pode proporcionar tempos de armazenagem óptimos quando uma prateleira deve ser de novo abastecida pelo sistema de inventário de prateleiras de comércio a retalho 10. Parto para os valores calculados da capacidade óptima das prateleiras e cada capacidade da prateleira indicada pelo utilizador, os resultados indicados pelo sistema de inventário (10) podem incluir valores de encomenda de quantidades para reabastecimento, vendas perdidas calculadas e valores médios de in-

Wifama

ventário para armazenagem tanto para a existência em armazém e nas prateleiras como é observado por um cliente. De acordo com uma característica específica da presente invenção, as horas de abertura e de fechamento do armazém diariamente e os valores históricos das proporções de negócios feitos por dia dentro de um período de estudo são fornecidos pelo utilizador e utilizados para fornecer ao utilizador resultados seleccionados a ser indicados para um produto particular. O uso dos tempos reais de abertura e de fechamento da armazenagem juntamente com os valores dos negócios proporcionais realizados simplifica os cálculos matemáticos e pode proporcionar o aumento do rigor para os resultados obtidos.

Fazendo agora referência à figura 2, nela está representado o diagrama de fluxo que ilustra geralmente a sequência lógica do programa global de acordo com os princípios da presente invenção para o sistema de inventário das existências em prateleiras (10). O programa começa com uma rotina de INICIALIZAÇÃO realizada como se indica num bloco (200). A rotina de INICIALIZAÇÃO é ilustrada e descrita em relação com a figura 3 e no Apêndice I no parágrafo com o título "solução: Descrição Matemática", subtítulos "1. Notação" e "2. Preliminares"; no parágrafo com o título "solução: especificações do programa", subtítulos "1. Variáveis" e "2. Inicialização".

Então, pode realizar-se uma rotina opcional de "TEMPO DE ARMazenagem" indicada num bloco (202) ou indicado num bloco (204) representado a linha tracejada para proporcionar tempos de armazenagem otimizados quando uma prateleira deve ser reabastecida. Pelo menos, um tempo de armazenagem ótimo inicial é fornecido pelo utilizador e depois calculam-se os tempos de armazenagem otimizados subsequentes para espaçar uniformemente as armazenagens durante o tempo de funcionamento da loja durante o período de estudo. Os tempos de armazenagem otimizados subsequentes são identificados calculando

Wifama

uma função inversa do tempo que se define no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática" subtítulo "3. Tempos de Armazenagem Óptimos".

Em seguida, realiza-se uma rotina de "CAPACIDADE DA PRATELEIRA" otimizada indicada num bloco (204) para fornecer um valor ótimo da capacidade da prateleira. A rotina de "CAPACIDADE DA PRATELEIRA" ótima está ilustrada e é descrita respectivamente na Figura 4 e no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática" subtítulo "4. Cálculo da capacidade ótima da prateleira" e no parágrafo com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "5. Cálculo da capacidade da prateleira".

Em seguida, efectua-se uma rotina "ARMAZENAGEM PRETENDIDA" indicada num bloco (206) para calcular os níveis de armazenagem pretendidos e níveis para realizar uma encomenda. A rotina "ARMAZENAGEM PRETENDIDA" é ilustrada e descrita respectivamente na Figura 5 e no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "5. Cálculo dos níveis de armazenagem pretendidos e níveis para realizar a encomenda" e com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "4. Cálculo dos níveis de armazenagem pretendidos e níveis para realizar a encomenda".

Seguidamente, realiza-se uma rotina "VENDAS PERDIDAS" indicada num bloco (208) para calcular as vendas perdidas esperadas e o nível de serviço aos clientes durante o período de estudo. A rotina "VENDAS PERDIDAS" é ilustrada e descrita respectivamente na Figura 6 e no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "6. Vendas perdidas" e com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "5. Vendas perdidas".

Depois, realiza-se uma rotina "INVENTÁRIO MÉDIO" indicada num bloco (210) para calcular o inventário médio das

Wifama

prateleiras esperado previsto pelo cliente, o inventário médio de armazenagem esperado na hora de fecho da loja num dia particular dentro do período de estudo e a quantidade total armazenada esperada. A rotina "INVENTÁRIO MÉDIO" é ilustrada e descrita respectivamente na Figura 7 e no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "7. Cálculos do inventário médio" e com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "6. Cálculos do inventário médio".

Fazendo referência à Figura 3, nela está representado um diagrama de fluxo que ilustra as operações sequenciais realizadas durante a rotina de "INICIALIZAÇÃO". A rotina de "INICIALIZAÇÃO" começa com a definição dos valores iniciais e em falta para constantes, variáveis e funções que utilizam as definições da estrutura de dados fornecidos pelo utilizador. O conjunto de dados fornecidos pelo utilizador é referido no Apêndice I no parágrafo com o título "A. Factores que influenciam o modelo". O conjunto de dados fornecidos pelo utilizador está incluído dentro da lista de variáveis usadas no programa no Apêndice I parágrafo com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "1. Variáveis" e como se define no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulos "1. Dotação" e "2. Preliminares". O conjunto de dados fornecidos pelo utilizador é lido e copiado para as estruturas de dados definidos, depois realizam-se os cálculos prévios com os dados fornecidos pelo utilizador com base num produto individual indicados num bloco (300).

Como se ilustra no Apêndice I, no parágrafo com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "2. Inicialização", os valores da planificação do tempo fornecidas pelo utilizador são transformados a partir de tempo real em tempo da loja e a proporção de negócios totais feitos e a procura média modificada em cada período de interarmazenagem é

Wifama

calculada, indicada num bloco (302) e descrita com referência à Figura 3 como se segue.

Primeiro, calcula-se uma distribuição dos tempos de encomenda da loja e uma distribuição dos tempos de loja de fornecimentos utilizando os tempos de abertura e de fecho de armazenagem fornecidos pelo utilizador para cada dia $J = 0, \dots, 1-1$ no período de estudo e planificação em tempo real de encomenda e de abastecimento fornecida pelo utilizador indicada num bloco (304). Em seguida, quando os tempos de armazenagem são fornecidos pelo utilizador, os tempos de armazenagem fornecidos pelo utilizador são transformados em tempos de loja para se obter uma distribuição do tempo de loja de armazenagem num bloco (306). Pelo contrário, quando só é fornecido um tempo de armazenagem inicial pelo utilizador, então calcula-se a distribuição do tempo de loja de armazenagem indicado no bloco (306). Em seguida, calcula-se a proporção de negócio feito e a procura média modificada durante cada intervalo de armazenagem como se indica num bloco (308). Realizam-se sequencialmente rotinas de verificação de erro indicadas nos blocos (310, 312) sobre os resultados calculados para cada uma das operações acima descritas. Quando não se detectam erros no bloco (310), os resultados são memorizados indicados num bloco (314) em estrutura de dados correspondentes pré-definida para resultados de conjuntos de dados de fornecimento, armazenagem e procura.

Fazendo agora referência à Figura 4, nela encontra-se representado um diagrama de fluxo de ilustra as operações lógicas da rotina de "CAPACIDADE DAS PRATELEIRAS" realizada para calcular uma capacidade de prateleiras opcional. O Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "4. Cálculo da capacidade ótima da capacidade das prateleiras" e no parágrafo com o título "Solução: Especificações dos Programas", subtítulo "3. Cálculo da capa

Wifama

cidade das prateleiras" descreve pormenorizadamente a rotina de "CAPACIDADE DAS PRATELEIRAS". As operações sequenciais começam por se identificar um dos métodos: Método 1 indicado num bloco (400), Método 2 indicado num bloco (402) ou Método 3 indicado num bloco (404) a ser utilizado para calcular a capacidade óptima da prateleira. Um método 1, 2 ou 3 particular é realizado como resposta a uma escolha do método indicado pelo utilizador para cálculo da capacidade óptima das prateleiras. Em seguida, para qualquer dos métodos 1, 2 e 3, os dados de inventário de procura históricos para o produto particular, a proporção de negócio feito, a procura média modificada durante cada intervalo de inter-armazenagem e o nível de serviço do cliente pretendido é colectada como se indica respectivamente no Bloco (406), 408) ou (410).

Quando se escolhe o método 1, realiza-se uma rotina para achar uma raiz com o fim de identificar a capacidade óptima da prateleira C. Esta rotina para determinar a raiz avalia repetidamente as vendas globais perdidas esperadas indicadas num bloco (412) para o período de estudo inteiro utilizando os dados fornecidos pelo utilizador, os valores calculados de proporções de negócio feito e da procura média modificada durante cada período de inter-armazenagem, a procura e o nível de serviço do cliente a ser alcançado como se refere no Apêndice I sob os subtítulos "Método 1". Se a determinação da raiz indicada num bloco (414) falha, então é estabelecida uma bandeira de erro e nenhum valor é memorizado. Caso contrário, o resultado do cálculo de determinação da raiz é memorizado como se indica num bloco (416) como a capacidade óptima da capacidade de prateleira.

Quando se utiliza o método 2 para achar a capacidade óptima da prateleira C, então, encontra-se um índice i para o qual a proporção de negócio feito no período número j do período inter-armazenagem é maior. Então, a capacidade óptima



das prateleiras é identificada para alcançar o nível de serviço de cliente pretendido durante o período de inter-armazenagem com mais negócio indicado num bloco (418) de preferência ao período completo de estudo utilizado no método 1. A rotina de método 2 é descrita no Apêndice I no subtítulo "Método 2". Quando um erro indicado num bloco (420) não resulta do cálculo da capacidade ótima das prateleiras de acordo com o método 2, então o valor ótimo das prateleiras computado é memorizado como se indica num bloco (422).

Quando o utilizador forneceu um ou mais valores para a capacidade das prateleiras indicada num bloco (430), tal como por exemplo, uma capacidade corrente das prateleiras e uma capacidade seleccionada das prateleiras, então o valor ou os valores C definidos pelo utilizador são memorizados, como se indica no bloco (432), para cálculos subsequentes.

Fazendo agora referência à Figura 5, nela está representado um diagrama de fluxo que ilustra a rotina "NÍVEL DE ARMazenagem PRETENDIDO". As operações sequenciais começam com a identificação de um primeiro valor de capacidade das prateleiras memorizado C indicada num bloco 500. O valor C da capacidade das prateleiras memorizado C indicada num bloco 500. O valor C da capacidade das prateleiras C memorizado identificado pode ser ou o valor ótimo da capacidade das prateleiras calculado ou um valor fornecido pelo utilizador. Em seguida, calculam-se as vendas esperadas no período número j de inter-armazenagem como se indica num bloco (502) usando a fórmula indicada no Apêndice I no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "Método 3". Então, calcula-se um tempo efectivo de entrega indicado num bloco (504) como se refere no parágrafo (5i) do Apêndice I com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "5. Cálculo dos níveis de armazenagem pretendidos e níveis para a realização da encomenda". Depois, calcula-se um valor do nível

Wifana

de armazenagem interna pretendido W_k indicado num bloco (506) usando a fórmula indicada no parágrafo (5). O nível de armazenagem interna calculado é então memorizado para a realização de cálculos subsequentes. Depois, calcula-se um nível para fazer a encomenda indicado nos blocos (508) e (510) utilizando o valor C das prateleiras e o nível de armazenagem pretendida interna memorizada calculando as vendas esperadas entre o momento da encomenda e o momento da entrega usando as fórmulas indicadas nos parágrafos (5a) e (5b). O nível para realizar a encomenda é identificado de modo a garantir que o valor do nível de armazenagem pretendido interno memorizado W_k é satisfeito no momento da entrega.

Fazendo agora referência à Figura 6, nesta está representado um diagrama de fluxo que representa as operações lógicas realizadas para a rotina "VENDAS PERDIDAS". A rotina "VENDAS PERDIDAS" é descrita no parágrafo do Apêndice I com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "6. Vendas perdidas" e com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "5. Vendas perdidas". As operações sequenciais começam com um cálculo indicado num bloco (600) do nível efectivo de armazenagem que é calculado recursivamente começando a partir de um índice k escolhido para o qual o nível de armazenagem pretendido internamente calculado é máximo utilizando as fórmulas referidas nos parágrafos (6), (6a) e (6b). Os níveis de existências armazenadas efectivas calculadas são então memorizados para a realização de cálculos subsequentes. Então, calculam-se as vendas perdidas esperadas para todo o período de estudo como se indica num bloco (602) de acordo com a fórmula referida no parágrafo (6c). Então, calcula-se o nível de serviço ao cliente (OSL) alcançado indicado num bloco (504) usando o valor das vendas perdidas esperado resultante, utilizando a fórmula indicada no parágrafo 6(d).

Wifama

Fazendo agora referência à Figura 7, nela está representado um diagrama de fluxo que ilustra operações sequenciais da rotina "INVENTÁRIO MÉDIO". O Apêndice I, no parágrafo com o título "Solução: Descrição Matemática", subtítulo "7. Cálculo para inventário médio" e no parágrafo com o título "Solução: Especificações do Programa", subtítulo "6. Cálculo para inventário médio", descreve pormenorizadamente a rotina "INVENTÁRIO MÉDIO". As operações sequenciais começam com os cálculos indicados num bloco (700) da quantidade esperada de armazenagem em armazém b e a quantidade armazenada em prateleiras a precisamente antes do tempo número j de armazenagem, utilizando um valor das vendas esperadas calculado e as fórmulas dos parágrafos 7(a) e 7(b). Em seguida, interpolam-se as funções a(t) e b(t) como se indica no bloco (702) entre os valores calculados a e b para identificar a quantidade de armazenagem média nas prateleiras e no armazém geral de acordo com as fórmulas dos parágrafos 7(c) e 7(d). Depois, calcula-se a integração numérica do valor em função do tempo a(t) indicada num bloco (704) como se refere no parágrafo (i) "quantidades médias vistas pelo cliente". Em seguida, calcula-se o inventário médio de armazenagem indicado num bloco (706) utilizando o tempo de armazenagem como se refere no parágrafo (ii). Em seguida, pode realizar-se uma rotina de integração numérica indicada num bloco (708) para se proporcionar um inventário de armazenagem médio em tempo real como se refere no parágrafo (iii).

Depois, repetem-se as funções sequenciais ou funções escolhidas das rotinas "NÍVEL DE ARMAZENAGEM RECOMENDADA", "VENDAS RECOMENDADAS" e "INVENTÁRIO MÉDIO" para o valor seguinte C da capacidade armazenada em prateleiras.

APÊNDICE I

MODELO DE INVENTÁRIO ESTOCÁSTICO

Wifama

Definição do problema

Derivar, com base num produto individual, um modelo de inventário estocástico usando os factores que se referem abaixo que influenciam as vendas e, por consequência, o nível de armazenagem e a estratégia de re-encomenda.

A. Factores que influenciam o modelo

1. O período de estudo; variável de 1 dia até um ano.
2. As horas de abertura diárias; por cada dia do período de estudo, referem-se as horas de abertura e de fecho do armazém.
3. O ciclo da procura; deriva dos seguintes dados históricos:
 - (i) valor do movimento durante o período
 - (ii) nível do serviço do cliente durante o período
 - (iii) distribuição do negócio por dia (isto é, percentagens de vendas por dia)
 - (iv) variabilidade da procura durante o período.
4. O número de vezes que a prateleira é reabastecida durante o período de estudo.
5. A programação de armazenagem; indica-se cada hora e dia durante o período de estudo em que a prateleira é reabastecida.
6. O número de entregas ao armazém durante o período de estudo.
7. A programação das encomendas e das entregas; calcula-se cada hora e dia em que se estabelece a encomenda, isto é, a hora em que a quantidade é re-encomendada, juntamente com a sua associada e dia de entrega dentro do período de estudo.

Wifama

8. Os níveis de armazenagem pretendidos; a quantidade total de reserva existente no armazém depois de cada entrega.
9. A capacidade real das prateleiras; a quantidade do produto correntemente exposto nas prateleiras.
10. O nível de serviço aos clientes pretendido.

Definição dos factores pelo utilizador

Obrigatória

A1 e A4

Primeiro tempo de armazenagem em A5
A6 a A7, A10.

Opcional

Resto da planificação da armazenagem em A5
A8 e A9.

(Se A5 e A8 não forem completamente definidos pelo utilizador, então os valores óptimos são determinados)

B. Resultados do modelo

1. Tempos de armazenagem óptimos, as horas e dias durante o período de estudo em que as prateleiras devem ser reabastecidas).

(Só utilizados se A5 não for completamente definido pelo utilizador).

2. Óptima capacidade de prateleiras; a quantidade do produto que deve ser exposta na prateleira para conhecer os factores A1 a A5.

3. Para cada uma das capacidades das prateleiras (isto é, tanto real como óptima), podem derivar-se os seguintes resultados:

Wifama

- (i) Planificação de re-encomendas; para cada ponto de encomenda, um nível de reserva a que o armazém deve realizar a re-encomenda (neste caso, deve ser tomada em consideração qualquer reserva existente no armazém e qualquer reserva correntemente na encomenda quando se calcula a quantidade a re-encomendar).
 - (ii) Vendas perdidas; as vendas não realizadas por se aceitar este tamanho das prateleiras e entrando em linha de conta com o armazém.
 - (iii) Inventário médio; a quantidade média de reserva em armazém.
 - (iv) Quantidade média na prateleira; a quantidade média de reserva na prateleira como visto pelo cliente.
4. Nível real de serviço a clientes; o nível de serviço a clientes realmente alcançado quando se usa a capacidade real da prateleira (A9) de preferência à capacidade ótima da prateleira (B2).

Solução: Descrição Matemática

1. Notação

- I Duração do período de estudo (em dias)
- s_j hora de abertura no dia j , $j = 0, \dots, I-1$
- t_j hora de fecho no dia j , $j = 0, \dots, I-1$
- μ número histórico do movimento durante o período de estudo
- 100β nível de serviço a clientes pretendido
- 100α nível histórico de serviço a clientes
- θ_j proporção de negócio feito no dia j
- $100v$ variabilidade da procura

Wifama

- N número de reservas da prateleira
- T_k tempo da reserva número k de prateleira, $k = 0, \dots, N-1$
- n número de entregas
- B_j tempo de entrega número j , $j = 0, \dots, n-1$
- O_j tempo da encomenda número j , $j = 0, \dots, n-1$
- r_j nível de reserva pretendida número j , $j = 0, \dots, n-1$
- c capacidade real da prateleira

2. Preliminares

(i) Lê-se entrada ao número do movimento histórico μ' e ao nível de serviço aos clientes históricos α mas o que realmente interessa é a procura μ que é o número de vezes que qualquer pessoa quer comprar um dos produtos durante o período de estudo. Como é evidente, por vezes um cliente que quer comprar o produto encontra a prateleira vazia e não consegue obtê-lo mas isso só acontece numa proporção de $(1-\alpha)$ de casos. Caso contrário, o cliente retira o produto da prateleira e o número do movimento sobe de uma unidade. Por conseguinte,

$\mu' = \text{movimento} = \text{procura} \times \text{nível de serviço de cliente histórico} = \mu \alpha$ Portanto, a procura

$$\mu = \mu' / \alpha$$

(ii) Se a variabilidade da procura for v , o desvio padrão é μv e, portanto, a variância da procura, σ^2 , será $(\mu v)^2$.

(iii) Para calcular as proporções de negócio realizado em cada período inter-abastecimento, utiliza-se a função de relógio $[0,1][0,1]$ que se define como

Wifama

relógio (t) = proporção de negócio total feito no tempo t =

Expressão 1

$$= \sum_{j=0}^{L-1} e_j \left\{ \frac{(t-s_j)^+}{t_j-s_j} \wedge 1 \right\}$$

subsequentemente, prolonga-se a função periódica-mente a todo o conjunto do tempo real de maneira que

$$\text{relógio } (nL + t) = n + \text{relógio } (t)$$

para os inteiros n e t em $[0, L]$. A finalidade do relógio é transformar o tempo real t em tempo de relógio de funcionamento da loja (t). Pelo que diz respeito ao funcionamento da loja, o que interessa é o tempo de loja; o negócio prossegue a uma taxa constante no tempo da loja.

(iv) Também se supõe que o período de estudo se repete, de maneira que se t_0, t_1 for o período de interabastecimen- to zero, o período número k-1 t é, por exemplo, (t_{k-1}, t_k) . A proporção de negócio feito no período de inter-abastecimen- to j é simplesmente

$$P_j = \text{relógio } (t_{j+1}) - \text{relógio } (t_j)$$

em que $t_k = L + t_0$.

(v) Modela-se a procura no período de inter-abastecimen- to j pela variável aleatória Y_j que é a parte positiva de uma variável aleatória normal Z_j , cuja variância é P_j^2 e cuja média μ_j é escolhida de maneira que o valor esperado de Y_j , $E(Y_j)$, é igual à procura média no período P_j . Mais explicita- mente, se se definir a função A pela expressão

Wifama

Expressão 2

$$\Lambda(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2 - 2\bar{W}(z)},$$

em que a Expressão 3 $\bar{W}(z) = P(Z \leq z)$ para Z uma variável aleatória $N(0,1)$; então

Expressão 4

$$\Lambda'(z) = \Lambda(z-z)^+;$$

assim, escolhe-se j de maneira a resolver a equação

Expressão 5

$$j = P_j A \frac{-\mu_j}{\sigma \sqrt{P_j}}$$

(Nota: A escolha de uma distribuição normal para Z é essencialmente arbitrária e qualquer distribuição de variância unitária, de média igual a zero podia igualmente servir. A expressão (2) para Λ fica a mesma mas a fórmula explícita (1) altera-se).

3. Tempos de reabastecimento óptimos

Suponhamos que nos foi indicado o tempo T_0 do abastecimento de ordem zero que ocorre no tempo da loja C = relógio (t_0). Então, a melhor maneira para escolher os tempos de reabastecimento subsequentes é distanciá-los uniformemente ao longo do período de estudo nas "uniformemente" em termos de tempo de loja. Assim define-se

Expressão 6

$$\tau_j = T_0 + j/N, \quad j = 1, \dots, N-1,$$

Wifama

(com a adição de módulo 1) e estabelece-se que os tempos recomendados de reabastecimento $T_1, \dots, T_{I-1}$ como sendo

$$T_j = \text{relógio inv } (\tau_j)$$

em que relógio inv é a função inversa da função relógio; relógio inv $(t) = \inf [u: \text{relógio } (u) > t]$. Esta função pode ser expressa explicitamente em termos de θ_j, s_j, t_j e λ muito melhor que do que a função relógio. Menos satisfatoriamente, pode ser avaliada por uma rotina geral de determinação de raiz a partir da função relógio.

O utilizador pode evidentemente ignorar o T_j recomendado e fornecer o seu próprio.

4. Cálculo de capacidade óptima das prateleiras

Se a capacidade da prateleira for J , então supondo que a prateleira está cheia no início do período de ordem j inter-abastecimento, as vendas perdidas esperadas no período de inter-abastecimento de ordem j é dado pela fórmula

Expressão 7

$$\lambda_j(C) = \sigma \sqrt{P_j \lambda} \frac{C - \mu_j}{\sigma \sqrt{P_j}}$$

que é a expressão 8 $L(\lambda_j - C)^+$.

Á agora três maneiras possíveis para escolher a capacidade óptima da prateleira, dependendo dos critérios de rendimento escolhidos pelo utilizador. Considera-se que o primeiro é o mais natural. Como é usual, o utilizador é livre de ignorar a capacidade recomendada das prateleiras e entrar o seu próprio valor C em seu lugar.

Método 1

Wifama

Este método deve ser utilizado se o objectivo for garantir que, em média, se satisfaça $100\beta\%$ da procura total durante o período de estudo. Supondo que há sempre uma quantidade disponível suficiente para encher a prateleira no início de cada período de inter-abastecimento, as vendas perdidas separadas durante o período de estudo é

Expressão 9

$$l(C) = \sum_{j=0}^{M-1} \lambda_j(C)$$

quando a capacidade da prateleira é C e simplesmente toma-se um valor de C de modo que

Expressão 10

$$l(C) = (1-\beta)\mu.$$

Isso necessita a rotina de determinação de uma raiz.

Método 2

Este método garante que, durante cada período de inter-abastecimento, se satisfaz pelo menos $100\beta\%$ da procura. Procura-se o índice k para a qual P_j é o maior e em seguida escolhe-se C de maneira a satisfazer a condição

Expressão 11

$$\lambda_k(C) = (1-\beta)\mu P_k.$$

O valor escolhido para C é sempre maior do que no método 1.

Método 3

Este método deve ser usado se a finalidade for ter

Wifama

a existência em prateleira suficientemente grande para suportar os piores r dias consecutivos durante o período de estudo. Para conseguir isto, suponhamos que p é o máximo de $\theta_j + \dots + \theta_{j+r-1}$ quando j varia e calcula-se v como em (3)

Expressão 12

$$\mu_P = \sigma_P A \left\{ \frac{-v}{\sigma_P} \right\}.$$

e agora escolhe-se U como no método 2

Expressão 13

$$\sigma_P A \left\{ \frac{Q-v}{\sigma_P} \right\} = (1-\beta) \mu_P.$$

Nesta fase, o programa tem um valor de U com que se pode trabalhar, ou computado por um dos três métodos ou então fornecidos pelo utilizador. Pode agora calcular-se as vendas separadas no período número j inter-abastecimento pela expressão

Expressão 14

$$S_j = S_j(U) = E(I_j \wedge U) = \mu_P j - \lambda_j(U).$$

3. Cálculo dos níveis de abastecimento pretendidos e níveis para re-encomenda

O utilizador fornece a entrada do número n de entregas durante o período de estudo, os instantes $D'_0, \dots, D'_{n-1}$ em que elas são feitas e os instantes $C_0, \dots, C_{n-1}$ em que as respectivas encomendas são feitas. Alguns retalhistas podem requerer ser protegidos contra atrasos no fornecimento até δ , caso em que se substitui D'_j por $D'_j + \delta$ e, como não

Wifama

se pode fazer uso de artigos fornecidos até ao abastecimento seguinte depois da entrega, substitui-se imediatamente D'_j pelo tempo de fornecimento efectivo.

Expressão 15

$$(5i) D_j = \inf(T_k : T_k > D'_j)$$

Ora, se Expressão 16, $D_k = T_r, D_{k+1} = T_{r+n+1}$ ($n \geq 0$), o nível de reabastecimento pretendido W_k no instante de fornecimento D_k é estabelecido de maneira a satisfazer em média em (T_r, T_{r+n+1})

Expressão 17

$$W_k = \left\{ \sum_{j=r}^{r+n} E(Y_j | C) \right\} \vee C$$

Toma-se o máximo de C de maneira a garantir que se começa com as prateleiras cheias a D_k . O objectivo é garantir que precisamente depois do fornecimento de ordem k ter sido feito, a quantidade total na loja (prateleira + armazém próprio) é W_k (ou mais). Assim, escolhe-se o nível para fazer a encomenda V_k para conseguir isto procedendo como se descreve em seguida.

Em primeiro lugar, calcula-se as vendas esperadas (como limite superior) em (O_k, D_k) somando as vendas esperadas S_j para cada período de inter-abastecimento contido inteiramente em (O_k, D_k) e adicionando então uma correcção para as vendas entre O_k e o momento de abastecimento seguinte. Explicitamente, se O_k ocorre no período de reabastecimento m , o tempo da loja t depois de se iniciar o período de inter-abastecimento, então as vendas esperadas entre O_k e o fim do período de inter-abastecimento m são calculadas pela expressão

Wifama

Expressão 18

$$5(a) \quad S_m - E \left[\left\{ \frac{rY_m}{P_m} \right\} C \right] = S_m - \frac{tEY_m}{P_m} + E \left\{ \frac{tY_m}{P_m} - C \right\}^+;$$

Esta é a correcção que se adiciona para se chegar às vendas esperadas U_k durante (O_k, D_k) . Devine-se agora o nível de encomenda de ordem k pela expressão

Expressão 19

$$5(b) \quad V_k = W_k + U_k.$$

A interpretação é a seguinte. No instante O_k , existe na loja a quantidade x (prateleira + armazém próprio) e efectuaram-se encomendas de uma quantidade total y que não foram ainda satisfeitas; fez-se então uma encomenda a quantidade $(V_k - x - y)^+$.

6. Vendas perdidas

Escolheu-se uma capacidade de prateleiras C e os níveis de abastecimento $W_0, \dots, W_{m-1}$. Supõe-se que Expressão 20 $D_k = T_r, D_{k+1} = T_{r+n+1}$. Então, as vendas perdidas em (D_k, D_{k+1}) são exactamente dadas pela expressão

Expressão 21

$$\sum_{j=r}^{r+n} Y_j - \left\{ W_k \sum_{j=r}^{r+n} (Y_j \wedge C) \right\}.$$

O valor esperado é demasiadamente trabalhoso para explicitar e calcular explicitadamente, de maneira que o valor aproximado das vendas perdidas em (D_k, D_{k+1}) é dado pela expressão

Wifama

Expressão 22

$$\Lambda_k(C, W_k) = \mu \sum_{j=r}^{r+n} P_j - \left\{ W_k \wedge \sum_{j=r}^{r+n} E(Y_j \wedge C) \right\}.$$

Podia agora precisamente somar Expressão 23 $\Lambda_k(C, W_k)$ para se obter as vendas perdidas esperadas mas isso seria errôneo pelo seguinte motivo. Suponhamos que $W_1, \dots, W_{m+1}$ eram todos muito pequenos mas W_0 era muito grande. Então, haveria lotes de artigos não vendidos no momento D_1 ; então, havia efectivamente mais na loja no instante D_1 do que W_1 . O que é preciso é substituir os níveis de reserva pretendidos W_k pelos níveis de abastecimento efectivos $\bar{W}_k$ e depois prosseguir.

Calculam-se os níveis de reserva pretendidos $\bar{W}_k$ efectivos procedendo como se segue. Escolhe-se o índice k para o qual W_k é máximo; suponhamos que, por uma questão de conveniência, $k = 0$. Então, faz-se

Expressão 24

$$6(a) \quad \bar{W}_0 = W_0,$$

e define-se por recorrência que

Expressão 25

$$6(b) \quad \bar{W}_{i+1} = W_{i+1} \vee (\bar{W}_i - \mu(\text{relógio}(D_{i+1}) - \text{relógio}(D_i)) + \Lambda_i(C, \bar{W}_i)).$$

Isto é apenas porque, se se tivesse $\bar{W}_i$ na loja em D_i , a procura em (D_i, D_{i+1}) seria Expressão 26 $\mu\{\text{relógio}(D_{i+1}) - \text{relógio}(D_i)\}$, de que se perderia em média Expressão 27 $\Lambda_i(C, W_i)$. A quantidade que resta precisamente antes de D_{i+1} seria Expressão 28 $\bar{W}_i - \mu(\text{relógio}(D_{i+1}) - \text{relógio}(D_i)) + \Lambda_i(C, \bar{W}_i)$, e este valor podia exceder W_{i+1} .

Finalmente, calcula-se então as vendas perdidas esperadas durante o período total de estudo por meio da expressão

Expressão 29

$$6(c) \text{ Vendas perdidas esperadas} = \sum_{k=0}^{M-1} \Lambda_k(C, \tilde{W}_k).$$

A partir deste valor, calcula-se o nível de serviço prestado aos clientes por meio da expressão

Expressão 30

$$6(d) \quad 100[1 - (\text{Vendas perdidas esperadas})/\mu]\%.$$

7. Cálculo do inventário médio

A primeira operação a efectuar é calcular a quantidade esperada nas prateleiras e no armazém próprio precisamente antes e precisamente depois do tempo de reabastecimento número j , T_j .

Suponhamos que precisamente depois de T_j , há a_j nas prateleiras e b_j no armazém próprio. Precisamente antes de T_{j+1} , há b_j no armazém próprio e (aproximadamente Expressão 31 $(a_j - S_j)^+ = (a_j - E(Y_j \wedge C))^+$ nas prateleiras. Assim,

Expressão 32

$$7(a) \quad b_{j+1} = (b_j - (S_j \wedge a_j))^+$$

$$7(b) \quad a_{j+1} = ((a_j - S_j)^+ + b_j) \wedge C$$

excepto quando T_j é um instante de entrega D_k , caso em que $b_j + a_j$ é simplesmente o nível de reserva pretendido efectivo $\tilde{W}_k$ e a_j é precisamente Expressão 33 $\tilde{W}_k \wedge C$.

Wifama

A segunda fase é interpolar entre estes valores para obter funções $a(\cdot)$ e $b(\cdot)$ para a quantidade média nas prateleiras e no armazém próprio. O nível de reserva no armazém próprio é fácil de determinar por meio da expressão

Expressão 34

$$7(c) \quad b(t) = b_j \quad (\tau_j \leq t < \tau_{j+1}).$$

Para a quantidade nas prateleiras, tem-se

Expressão 35

$$7(d) \quad a(t) = (a_j - \mu t) \quad (a_j - s_j)^+ \quad (\tau_j \leq t < \tau_{j+1}).$$

[Relembra-se que Expressão 36 $\tau_j = \text{relógio}(T_j)$].
A partir desses valores pode obter-se a quantidade nas prateleiras (ou no armazém próprio); no entanto, pode escolher-se defini-lo. Sugerem-se algumas possibilidades.

(i) Quantidade média considerada pelo cliente

Esta é simplesmente

Expressão 36

$$\int_0^1 a(t) dt,$$

que pode ser avaliada por integração numérica (regra do trapézio).

(ii) Quantidade média no armazém no fim do comércio diário

Esta quantidade na loja no fim do negócio no dia j é simplesmente

Expressão 37

$$P_j = a(\text{relógio}(t_j)) + b(\text{relógio}(t_j)),$$

Wifama

de maneira que a quantidade média no fim do negócio é precisamente Expressão 38

$$\left\{ \sum_{j=0}^{L-1} P_j \right\} / L$$

(iii) Quantidade média em armazém

(Este valor é a média "real", calculada em tempo real).

Esta média calcula-se simplesmente por meio da expressão 39

$$L(a(\text{relógio}(S)) + b(\text{relógio}(S)))ds/L,$$

que é igualmente um candidato para a rotina isintegração numérica.

Solução: Especificações do programa

Segue-se um programa is Pascal muito completo para realizar os cálculos expostos na descrição matemática.

A. Variáveis

Typo

vec = conjunto 0..MÁX do campo real;
diária = conjunto 0..365 do campo real;
vec_int = conjunto 0..MÁX do campo inteiro.

[O parâmetro MÁX deve ser estabelecido de maneira a ser suficientemente grande para cobrir o valor mais alto do número de armazenagens].

MÁX = 700 provavelmente é suficiente.

(Segue-se uma lista das variáveis usadas no programa, a tradução dalguns dos seus nomes, a indicação do seu tipo, o intervalo dos seus possíveis valores e o símbolo utili-

Wifama

- 30 -

zado na descrição matemática (se aplicável). Admite-se que todas as variáveis acima da linha já foram entradas).

<u>Nome da variável</u>	<u>Tradução</u>	<u>Tipo</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Símbolo matemático</u>
nday	dia n	inteira	1,...,365	L
opentimes	tempos de diária abertura		conjunto de números re- ais crescen- tes em (0,1)	(S _j)
closetimes	tempo de diária fecho		conjunto de números re- ais crescen- tes em (0,1)	(t _j)
hist_movement	história real-mo- vimento	real	inteiro positivo	μ
CSL	-	real	(0,1)	β
hist-CSL	história -CSL	real	(0,1)	α
proportion	proporções diária		números re- ais em (0,1)	(θ_j)
variability	variabili- dade	real	reais posi- tivos	v
nstock	armazena- mento n	inteira	0,...,MAX.	N
stock true time ⁽¹⁾ , ⁽²⁾	armazena- mento-ver- dadeiro- -tempo	vec	números reais (0,1)	(T _k)

Wifama

<u>Nome da variável</u>	<u>Tradução</u>	<u>Tipo</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Símbolo matemático</u>
ndel	-	inteira	0,...,MAX	m
del_true_time ⁽¹⁾	del-verda- deira-tem- po	vec	números reais em (0,1)	(D_k^*)
order true- time ⁽¹⁾	encomenda- -verdadeira- -tempo	vec	números reais (0,1)	(O_k)
delay_protect	atrazo-pro- teger	real	(0,1)	δ
c ⁽³⁾	-	real	números reais po- sitivos	c^*
target_stock_ levels ⁽⁴⁾	objectivo- -armazena- gem-níveis		números reais po- sitivos	(W_j)
demand	procura	real	números reais po- sitivos	μ
sigma	-	real	números reais po- sitivos	σ
atock_shop_ time	quantidade armazenada- -loja-tempos	vec	números reais em (0,1)	(T_k)
del_shop_time	del-loja- tempo	vec	números reais em (0,1)	-

Wifama

- 32 -

<u>Nome da variável</u>	<u>Tradução</u>	<u>Tipo</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Símbolo matemático</u>
order-shop-time	encomenda-loja-tempo	vec	números reais em (0,1)	-
p	-	vec	números reais em (0,1)	(P_j)
mod_demands	mod-procuras	vec	-	(j)
sales	vendas	vec	números reais positivos	(S_j)
raw_tsl	bruto-ogan	vec	números reais positivos	-
target_stock_levels	objectivo-quantidade armazenada-níveis	vec	números reais positivos	(W_j)
effective_tsl	efectiva-ogan	vec	números reais positivos	$(\tilde{W}_j)$
shelf	prateleira	vec	números reais positivos	(a_j)
backroom	arrecadação	vec	números reais positivos	(b_j)

Wifama

- 33 -

<u>Nome da variável</u>	<u>Tradução</u>	<u>Tipo</u>	<u>Intervale</u>	<u>Símbolo matemático</u>
Order_to	encomen- dar-para	vec	números reais po sitivos	(V_k)
var	-	real	números reais po sitivos	σ^2
h	-	real	números reais po sitivos	-
flag	bandeira	vec- -int	-1,0,..., MAX-1	-
lead_time_sales	principal- -tempo-ven das	vec	números reais po sitivos	-
lost_sales	vendas per didas	real	números reais po sitivos	-
CSL_ACHIEVED	CSL conse guido	real	números reais em (0,1)	-

- (1) As entradas stock-true-time $[0], \dots, \text{stock-true-time} [\text{nstock}-1]$ são os sucessivos tempos em que se fazem armazenagens. Todas as entradas subsequentes do conjunto são inicializadas para 0. Semelhantemente para del-true-time, order-true-time.
- (2) O programa contém apenas uma possibilidade para se calcular o conjunto stock-true-time a partir do valor de en-

Wifama

- 34 -

trada stock-true-time [0]; assim, nalguns casos, seria satisfatório dar entrada apenas a este único valor.

- (3) Pode não haver valor de C oferecido porque o programa principal tem a capacidade de calcular C.
- (4) O utente pode querer dar entrada aos níveis de armazenagem pretendidos como objectivo (um por cada nível entregue n) mas o programa calcula-os se não se lhes der entrada.

Nota: Na parte que se segue usam-se as designações das variáveis em inglês.

2. Inicialização

Iniciar

Expressão 40

```
epsilon := 1.0E-6;  
variability := max(variability, epsilon);  
demand := hist-movement/hist-CSL;  
sigma := demand*variability;  
var := sigma*sigma;  
h := 1,0/nstock;  
stock-true-time[nstock] := stock-true-time[0];  
del-true-time[ndel] := del-true-time[0];  
order-true-time[ndel] := order-true-time[0];
```

Estas convenções facilitam o "enrolar em volta"

- para j=[0] até ndel, fazer

Iniciar

Expressão 41

```
del-shop-time[j] := clock(del-true-time[j], opentimes,  
 closetimes, proportions, nday);
```

Wifama

- 35 -

```
order-shop-time[j] := clock(order-true-time[j], opentimes, closetimes, proportion, nday);
```

fim

(Pode acontecer que o utente tenha entrada para apenas stock-true-time[0] e que seja o programa que permita calcular o resto do conjunto de valores. Isso faz-se da seguinte maneira

Expressão 42

```
stock-shop-time[0] := clock(stock-true-time[0], opentime, closetimes, proportions, nday);
```

- para j := 1 a nstock fazer

Iniciar

Expressão 43

```
stock-shop-time[j] := plus(stock-shop-time[j-1], h);
```

```
stock-true-time[j] := clockinv(stock-shop-time[j], opentimes, closetimes, proportions, nday);
```

fim

(Supõe-se portanto que os conjuntos stock-true-time e stock-shop-true foram inicializados).

para j := 0 a nstock-1, fazer

Iniciar

Expressão 44

```
p[j] := plus(stock-shop-time[j+1], -stock-shop-time[j];
```

```
mod-demands[j] := modmean (p[j], sigma, demand)
```

fim

Rotinas principais

Wifama

- 36 -

3. Cálculo da capacidade das prateleiras

(Em primeiro lugar, deve notar-se que, se a capacidade das prateleiras for C, então o valor das vendas perdidas esperadas para todo o período de estudo (supondo que não há interferência com a arrecadação) é dado pela função)

Expressão 45

$\text{tot-loss}(C:\text{real}; \text{sigma}:\text{real}; \text{nstock}:\text{inteiro}, p:\text{vec}; \text{mod-demands}:\text{vec}):\text{real}$

Há três métodos à disposição.

Método 1

Utiliza-se uma rotina para determinar a raiz para calcular C de modo que

Expressão 46

$\text{tot-loss}(C, \dots) = \text{demand} * (1 - \text{CSL}).$

Método 2

Determina-se qual de $p[0], \dots, p[\text{nstock}-1]$ é maior ($p(r)$, por exemplo) e depois escolhe-se C de tal modo que

Expressão 47

$\text{loss}(C, \text{sigma}, p[r], \text{mod-demands}[r]) = \text{demand} * p[r] * (1 - \text{CSL}).$

Método 3

Utiliza-se este método quando um vendedor a retalho ficar coberto relativamente ao negócio durante os k dias consecutivos de maior volume de vendas:

$\text{ler}(K)$

Wifama

- 37 -

```
x := 0.0;
para i := 0 até nday-1, fazer:
  Iniciar
  y := 0,0;
  para k := 0 até K-1, fazer:
    Iniciar
    l := (i+k)mod nday;
    y := y + proportions l
  fim;
se (y > x), então
  x := y;
fim;

z := modmean (x, sigma, demand);
```

(e agora utiliza-se a rotina de determinação da raiz para calcular C de tal modo que

Expressão 48

$$\text{loss}(C, \text{sigma}, x, z) = \text{demand} * x * (1 - \text{CSL}).$$

Nesta altura, o programa tem à disposição um valor de C com que x pode trabalhar, ou calculado por um dos métodos acima referidos ou entrado pelo utilizador. É possível agora computar as vendas esperadas em cada período intermédio de armazenamento:

```
para j := 0 até nstock-1, fazer
```

Expressão 49

$$\text{sales}[j] := \text{demand} * p[j] - \text{loss}(C, \text{sigma}, p[j], \text{mod-demands}[j]);$$

Wifama

- 38 -

4. Cálculo dos níveis de armazenagem a considerar como objetivo e níveis para fazer a encomenda

Para $j := 0$ até $ndel$, fazer

Iniciar

Expressão 50

$del\text{-}true\text{-}time[j] := plus(del\text{-}true\text{-}time[j], delay\text{-}protect\text{-}epsilon);$

$del\text{-}shop\text{-}time[j] := clock(del\text{-}true\text{-}time[j], opentimes, closetimes, proportions, nday)$

fim;

(Em seguida, procede-se ao cálculo dos tempos de fornecimento efectivos e memorizam-se em $del\text{-}true\text{-}time$, $del\text{-}shop\text{-}time$).

para $i := 0$ até MAX , fazer

Expressão 51

$flag[i] := -1;$

para $k := 0$ até $ndel-1$, fazer

iniciar

Expressão 52

$l := (j+1) \bmod nstock;$

se contém Expressão 53 ($del\text{-}true\text{-}time[k]$, $stock\text{-}true\text{-}time[j]$, $stock\text{-}true\text{-}time[l]$), então

iniciar

Expressão 54

$del\text{-}true\text{-}time[k] := plus(stock\text{-}true\text{-}time[l], -epsilon);$

$del\text{-}shop\text{-}time[k] := plus(stock\text{-}shop\text{-}time[l], -epsilon);$

```

flag[l] := k
    fim;
    fim;
fim;

```

Expressão 55

```
del-shop-time[ndel] := del-shop-time[0];
```

Transformam-se agora os tempos de encomenda em tempo da loja da seguinte forma

```
para k := 0 até ndel, fazer
```

Expressão 56

```

order-shop-time[k] := plus(clock(order-true-time[k], open
                           times, closetimes, proportions,
                           nday), -2* epsilon);

```

Faz-se agora o cálculo dos níveis de armazenagem a atingir como objectivo, da seguinte forma:

```
para j := 0 até ndel-1, fazer
```

Expressão 57

```

raw-tsl[j] := 0,0;
para i := 0 até nstock-1, fazer
se contém Expressão 58 (stock-shop-time[i], del-shop-time[j], del-shop-time[j+1])
    então

```

Expressão 59

```

raw-tsl[j] := raw-tsl[j] + sales[i];
fim;

```

Wifama

Expressão 60

target-stock-levels[j] := max(raw-tsl[j],C);

(Este cálculo de transmissão deve ser saltado se o utente tiver escolhido dar entrada aos seus próprios níveis de armazenagem a ter como objectivo a atingir).

Faz-se agora o cálculo das vendas do tempo principal, da seguinte maneira:

para k := 0 até ndel-1, fazer:

Iniciar (1)

x := 0,0;

para j := 0 até armazenagem nstock-1, fazer

Iniciar (2)

se contém Expressão 61 (stock-shop-time[j], order-shop-time[k], del-shop-time[k])

então

x := x + vendas[j];

e ainda

se

contém Expressão 62 (order-shop-time[k], stock-shop-time[j], stock-shop-time[j+1])

então

Inicar (3)

Expressão 63

t := plus(order-shop-time[k],-stock-shop-time[j]);

z := loss(C*p[j]/t, sigma, p[j], mod-demands[j]);

z := t*(demands - (z/p[j]));

z := sales[j] -z;

x := x+z;

Wifama

- 41 -

fim;(3)

fim;(2)

Expressão 64

lead-time-sales[k] := x;

fim;(1)

Pode acontecer que o utilizador tenha níveis de armazenagem pretendidos como valores para entrada em vez de se basear nos valores calculados pelo programa. De qual maneira há um sistema "target-stock-levels" quer contém estes dados:

para k := 0 até ndel-1, fazer

Expressão 65

order-to[k] := lead-time-sales[k] + target-stock-levels[k];

5. Vendas perdidas

Primeiramente, calcula-se - tsl:

x := 0,0;

k := 0;

para j := 0 até ndel-1, fazer:

começar

Expressão 66

se (target-stock-levels[j] > x), então

começar

k := j;

Expressão 67

x := target-stock-levels[j]

fim;

fim;

Wifama

Expressão 68

```
effectivo-tsl[k] := target-stock-levels[k] ;  
para i := 1 a ndel-1, fazer  
começar
```

Expressão 69

```
j := (k+i-1) mod ndel;  
l := (k+i) mod ndel;  
x := effectivo-tsl[j] - min(raw-tsl[j], effectivo-  
-tsl[j]);  
effectivo-tsl[l] := max(x, target-stock-levels[l])
```

A partir destes valores, calcula-se em seguida as vendas perdidas totais e o nível de serviço ao cliente atingido:

```
x := 0,0;  
para k := 0 a ndel-1, fazer
```

Expressão 70

```
x := min(raw-tsl[k], effectivo-tsl[k]) + x;  
lost-sales := demand - x;  
CSL-achieved := x/demand;
```

6. Cálculos médios do inventário

```
Para k := 0 a ndel-1, fazer  
Começar  
para j := 0 a nstock-1, fazer  
começar  
se (flag[j] = k), então  
começar
```

Wifama

- 43 -

Expressão 71

```
backroom[j] := max(effectivo-tsl[k]-C, 0,0);  
shelf[j] := min(C, effectivo-tsl[k])  
fim;  
fim;  
fim.
```

Este cálculo contém o conjunto de valores das existências na dispensa e prateleiras em tempos de armazenagem em que há um fornecimento. A Tarefa seguinte consiste em calculá-lo para todos os momentos de armazenagem, para o que se tem de calcular o primeiro tempo de armazenagem que tem um fornecimento e o trabalho a partir dele.

```
i := 0;  
enquanto [flag [i] := -1], fazer  
i := i+1  
para j := 1 a nstock-1, fazer  
começar
```

Expressão 72

```
k := (i+j-1)mod nstock;  
l := (i+j) mod nstock;  
se (flag[l] = -1), então  
começar
```

Expressão 73

```
x := min(shelf[k], sales[k]);  
y := shelf[k] - x;  
backroom[l] := max(backroom[k] - x, 0,0);  
fim;  
fim.
```

Wifama

As funções a e b permitem obter, para qualquer t em 0,1 a quantidade média na prateleira (respectivamente, na dispensa) no instante t.

Para calcular a quantidade média vista pelo clientes, faz-se um cálculo (regra do trapézio de

$$\int_0^1 a(t) dt$$

Para calcular a quantidade média no fim do negócio do dia, faz-se o seguinte:

para [j] := 0 até dia n-1, fazer

Expressão 74

g[j] := a(clock(j/nday)) + b(clock(j/nday));
average := 0,0;

para j := 0 até dia n-1, fazer

Expressão 75

average := average + g[j];
average := average/nday;

Para achar a média genuína no tempo, calcula-se o integral

$$\int_0^1 (a(\text{clock}(t)) + b(\text{clock}(t))) dt$$

Especificações de subprogramas

Função de relógio (t : real; a : diário; b : diário;
pr : diário; n : inteiro): real

Wifama

Dado um tempo t no intervalo $(0,1)$, esta função calcula a proporção de negócio feita no tempo t . Também se prolonga periodicamente à linha completa .

var

m, j : inteiro

$x, soma, y$: real

Começar

Expressão 76

$m := \text{trunc}[t];$

$x := t - m;$

se $(x \geq b[n-1])$, então
relógio := 1,0

também

começar

$j := 0$

$soma := 0,0;$

enquanto $(x \geq b[j])$, fazer

começar

$soma := soma + pr[j];$

fim;

Expressão 77

$y := \max(0,0,(x - a[j]) / (b[j] - a[j]));$

relógio := $soma + pr[j] * \min(1,0,y)$

fim;

relógio = relógio + m ;

fim;

Também é necessário

Wifama

- 46 -

função max (x : real; y : real) : real
que fornece os valores maiores de x e y,

função min (x : real; y : real) : real
que fornece os valores menores de x e y, e

função frac (x : real) : real
que fornece

x-trunc(x), a parte fraccionária de x.

função mais (x : real; y : real) : real;
(este cálculo soma x com y mod 1)

começar

mais := frac(x+y)

fim;

função relógio inv (t : real, a : diário; b : diário;
pr : diário; n : inteiro) : real;

(Esta função é a função inversa de relógio; dado t, determina s de tal maneira que relógio (s)=t. O conjunto a contém os tempos de abertura; o conjunto b contém os tempos de fecho; e pr contém as proporções de negócio feitas nos vários dias).

var

m, j : inteiro

x, soma : real;

começar

Expressão 78

m := trunc(t);

x := t-m;

j := 0;

soma := 0,0;

enquanto (x >= soma), fazer

começar

soma := soma + pr j ;

j := j+1

fim;

z := soma - x;

relógio inv := m + b[j] - (b[j]-a[j])*z/pr[j];

fim;

função N (z : real) : real

(esta função fornece uma boa aproximação para o integral des
de z até infinito da distribuição normal padrão).

Expressão 79

var

x,y,v:real;

começar

y := 1/(1 + 0,23164190*abs(z));

x := 0,3989423*exp(-0,5**z**z);

v := 1,330274*y**y*y**y*y;

v:=v-1,821256*y**y*y**y;

v := v + 1,781478*y**y*y;

v := v - 0,356538*y**y;

v := v + 0,3193875*y;

v := x**v;

se (z = 0,0), então

N := v

também

N := 1-v

fim;

W. F. L.

- 48 -

função A(z : real) : real

(Esta função dá a expectativa da parte positiva de Y-z, em que Y é uma variável aleatória normal padrão)

começar

Expressão 80

A := 0,3989423*exp(-0,5*z*z)-z*N(z)

fim;

função mod média (x : real; s : real; d : real): real;

(se x for a proporção de negócio feito num determinado intervalo entre armazenagens, s for o desvio padrão da procura global e d for a procura média global, esta função fornece a média da variável aleatória normal Y, de maneira que o valor esperado de Y⁺ é igual a xd).

Mais uma vez é necessário um procedimento geral de determinação duma raiz. Esta função destina-se a fornecer o valor y tal que

$$\frac{d\sqrt{x}}{s} = A \left\{ \frac{-y}{s\sqrt{x}} \right\}.$$

O valor de y é sempre menor do que xd; são possíveis valores negativos.

(Esta função calcula as vendas perdidas esperadas no intervalo entre armazenagens quando a capacidade das prateleiras é 0 e se faz uma proporção x do negócio durante todo o período de estudo).

var

z : real;

começar

z := sigma*raiz quadrada (x);

perda := z*A((C-média)/z)

fim;

```
função tot-perda (C:real; sigma:real; nstock:inteiro; p:vec;
                  mod-média:vec):real;
```

```
var
```

```
    j : inteiro;
```

```
começar
```

```
    Expressão 81
```

```
tot-perda = 0,0;
```

```
para j := 0 a nstock-1, fazer
```

```
    tot-perda := tot-perda+perda(C,sigma, p[j],
                                mod-média[j])
```

```
fim;
```

```
função contém (x:real; a:real; b:real): booleana
```

(esta função só deve ser utilizada sobre argumentos no intervalo 0,1 ; ela fornece o resultado "verdadeiro" se x estiver compreendido dentro do intervalo a e b (com as extremidades do intervalo compreendidas); caso contrário, indica "falso").

```
começar
```

```
    se (a < b), então,
```

```
        se (a <= x) e (x <= b), então,
```

```
            contém := verdadeiro
```

```
        também contém := falso;
```

```
    Também
```

```
        se (a <= x) ou (x <= b), então,
```

```
            contém := verdadeiro
```

```
        também contém := falso;
```

```
    fim;
```

```
função a (t:real; stock-loja-tempo:vec; prateleira:vec; ven-
das:vec; procura:real) : real;
```

Wifama

- 50 -

(Esta função determina a quantidade média na prateleira no instante t)

```
var
    j : inteiro;

começar
    para j := 0 a nstock-1, fazer
        começar
            se contém (t, stock-loja-tempo[j], stock-loja-tempo[j+1]), então,
                a := max(prateleira[j] - procura*(t-stock-loja-tempo[j], max(prateleira[j] - vendas[j], 0,0)
            fim;
        fim;
    fim;
```

função b(t:real; stock-loja-tempo : vec; dispensa : vec) :
: real;

(Esta função determina a quantidade média na dispensa no tempo t)

```
var
    j : inteiro

começar
    para j = 0 até nstock-1, fazer
        começar
            se contém (t, stock-loja-tempo[j], stock-loja-tempo[j+1]), então
                b := dispensa[j]
        fim;
    fim.
```

Enquanto a invenção foi descrita com referência a

Wifama

pormenores da forma de realização representada, estes pormenores não se pretende que limitem o âmbito da presente invenção tal como se define nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES:

1a. - Processo para o controlo do inventário das existencias em prateleiras no comércio retalhista, caracterizado pelo facto de compreender a utilização de meios de memória para memorizarem os dados do inventário, em que os citados dados de inventário incluem um período de estudo e uma hora de abertura e outra hora de fechamento da actividade retalhista em cada dia, dentro do citado período de estudo, e os dados para o inventário histórico relativos ao referido período de estudo para cada um de uma pluralidade de artigos do inventário, que incluem o valor de movimento comercial, o nível de serviço aos clientes, a proporção de negócios efectuados quotidianamente durante o mencionado período de estudo e a variabilidade da procura; e meios de optimização operacionalmente ligados aos mencionados meios de memória, para se optimizar uma capacidade da prateleira para cada artigo de uma pluralidade de artigos do inventário.

Wifama

2a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os mencionados meios de optimização incluírem meios para calcular um valor previsto para as vendas perdidas relativamente ao referido período de estudo e identificar a citada capacidade das prateleiras relacionado com o citado valor previsto calculado de vendas perdidas.

3a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os citados dados de inventário incluírem um desejado valor de nível de serviço aos clientes a ser conseguido; e os mencionados meios de optimização incluírem meios para se calcular um valor esperado de vendas perdidas em relação ao citado período de estudo e identificar a mencionada capacidade das prateleiras relacionado com o referido valor esperado e calculado de vendas perdidas e o citado valor desejado para o nível de serviço aos clientes.

4a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os citados dados de inventário incluírem valores de tempo de armazenagem e os referidos meios de optimização incluírem meios para identificar um período entre as armazenagens que tem um valor proporcional ao máximo de negócios efectuados e identificar a citada capacidade de prateleiras relacionadas com o mencionado período entre as armazenagens identificado.

5a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os mencionados dados de inventário incluírem um valor desejado do nível de serviço aos clientes a ser alcançado; e os citados meios de optimização incluírem meios para identificar um número pré-determinado de dias consecutivos que tem um valor máximo proporcional dos negócios efectuados e identificar a mencionada capacidade das prateleiras relacionada com os referidos dias consecutivos e o men

Wifama

cionado valor do nível de serviço aos clientes desejados.

6a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os mencionados dados de inventário incluírem um valor desejado do número de serviço aos clientes a ser alcançado; e os mencionados meios de optimização incluem meios para identificar um número pré-determinado de dias consecutivos que tem um valor máximo proporcional dos negócios efectuados e identificar a mencionada capacidade das prateleiras relacionadas com os referidos dias consecutivos e o mencionado valor do nível aos clientes desejados.

7a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os citados dados de inventário incluírem um certo número de armazenagens nas prateleiras e, pelo menos, um primeiro tempo de armazenagem; e incluírem ainda elementos para calcular uma lista óptima de armazenagem em prateleira para o referido período de estudo.

8a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de os citados dados históricos do inventário incluírem um número de ordem de entregas e tempos de entrega durante o mencionado período de estudo para cada artigo da citada pluralidade de artigos do inventário e compreenderem ainda meios para calcular um tempo efectivo de entrega, e meios para calcular um nível de armazenagem pretendido, relacionado com o referido tempo de entrega efectivo calculado e a referida capacidade das prateleiras para qualquer dos mencionados artigos do inventário.

9a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda o emprego de meios para calcular uma encomenda de maneira a definir o nível de um valor quantitativo de encomenda relativo a qualquer artigo dos mencionados artigos de inventário.

Wifama

- 54 -

10a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender o emprego de meios para calcular um valor esperado de perdas de venda relacionado com uma capacidade das prateleiras seleccionada pelo utente.

11a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda o emprego de meios para calcular um valor esperado de vendas perdidas relacionado com a citada capacidade optimizada de cada prateleira.

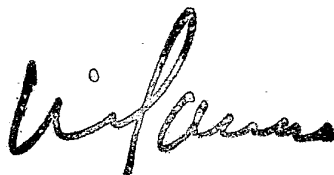
12a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda a utilização de meios para calcular um valor médio de inventário por cada prateleira relacionado com a citada capacidade de prateleira optimizada.

13a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda a utilização de meios para o cálculo um valor médio de inventário da armazenagem relacionado com a referida capacidade de prateleira optimizada.

14a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda a utilização de meios para calcular um valor médio de inventário por prateleira e um valor médio de inventário de armazenagem relacionado com uma capacidade de prateleira seleccionada pelos utentes.

15a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender ainda a utilização de meios de entrada acoplados com os mencionados meios de optimização para fornecer resultados aos utentes.

16a. - Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo facto de compreender a utilização de meios de visualização acoplados com os citados meios de optimização



para os utentes poderem tomar conhecimento dos resultados.

17a. - Processo para o controlo de inventário das existências em prateleiras no comércio retalhista, caracterizado pelo facto de compreender a utilização de meios de memória para memorizarem os dados de inventário, em que os citados dados de inventário incluem o período de estudo e uma hora de abertura e outra hora de fechamento da actividade retalhista em cada dia, dentro do citado período de estudo, e os dados para o inventário histórico relativos ao referido período de estudo para cada um de uma pluralidade de artigos do inventário, que incluem o valor de movimento comercial, o valor de serviço aos clientes, a proporção de negócios efectuados quotidianamente durante o mencionado período de estudo e a variabilidade da procura, o número de entregas e ordem das datas de entrega dentro do mencionado período de estudo e um número de armazenagens, e datas de armazenagem dentro do referido período de estudo, e o nível de serviço aos clientes a ser conseguido;

meios de optimização operacionalmente ligados com os mencionados elementos de memória, para optimizar uma capacidade da prateleira para cada artigo de uma pluralidade de artigos do inventário; e

meios acoplados aos citados elementos de optimização para calcular um tempo de entrega efectivo a uma encomenda do valor quantitativo relativo a qualquer dos mencionados artigos de inventário relacionados com a citada capacidade de prateleira optimizada.

18a. - Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo facto de os citados meios de optimização incluírem meios para o cálculo um valor esperado de perdas de vendas em relação ao citado período de estudo e identificar

Wifama

a referida capacidade de prateleiras relacionada com o mencionado valor esperado de vendas perdidas calculado.

19ª. - Produto de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo facto de os referidos dados de inventário incluírem um valor de nível desejado para o serviço aos clientes a ser alcançado; e os mencionados meios de optimização incluírem elementos para se calcular um valor esperado de perdas de vendas em relação ao citado período em estudo e se identificar a referida capacidade de prateleiras relacionada com o mencionado valor esperado de vendas perdidas calculado e o citado valor desejado de nível de serviço aos clientes.

20ª. - Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo facto de os mencionados dados de inventário incluírem o valor de nível desejado para o serviço aos clientes a ser alcançado; e os citados dados históricos do inventário incluírem os valores dos tempos entre as armazenagens e os mencionados meios de optimização incluírem meios para identificar um período entre as armazenagens que tem um valor máximo proporcional dos negócios efectuados e identificar a mencionada capacidade das prateleiras relacionada com o citado período identificado entre as armazenagens e o mencionado valor do nível de serviço aos clientes desejado.

Lisboa, 16 de Fevereiro de 1990

A. de L. Wifama

O Agente Oficial da Propriedade Industrial

Américo da Silva Carvalho
Agente Oficial da Propriedade Industrial
R. Castilho, 201-3. E-1000 LISBOA
Telex. 65 13 39 = 65 46 13

Wifam

FIG. 1

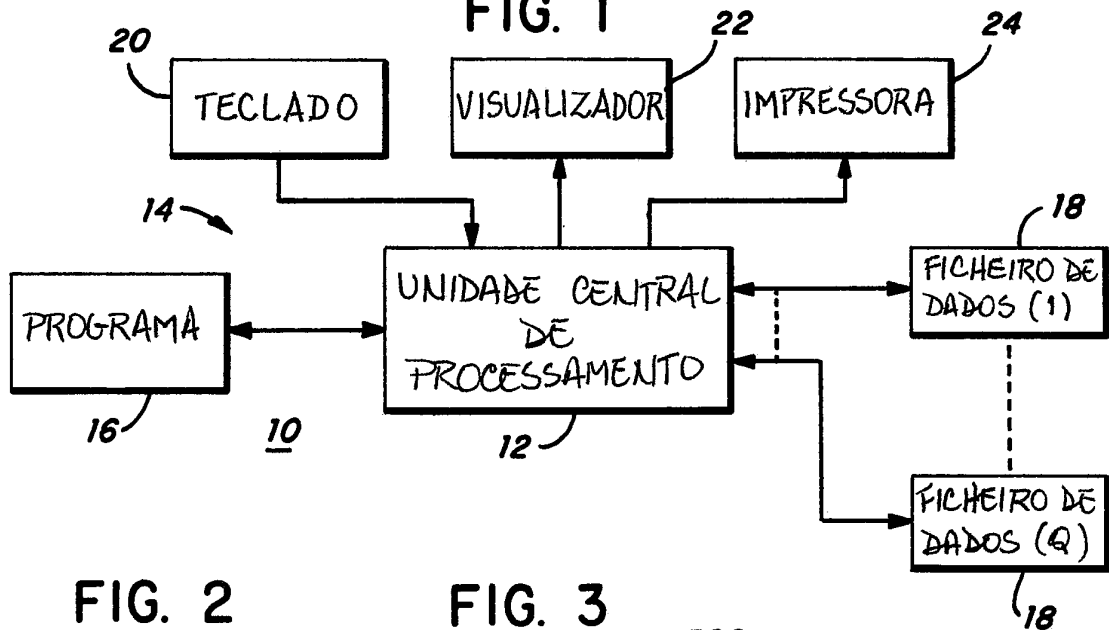


FIG. 2

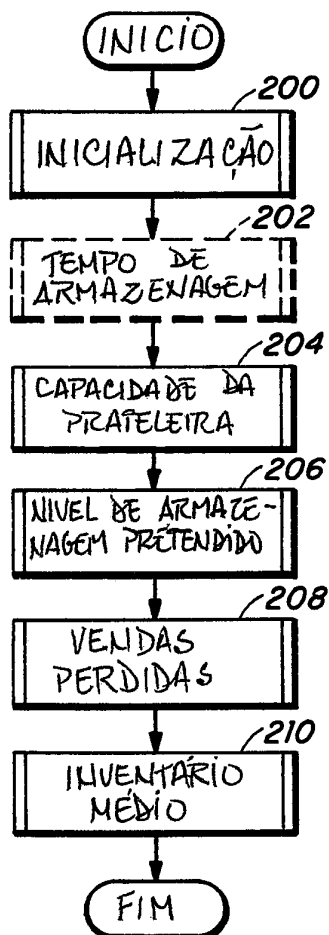


FIG. 3

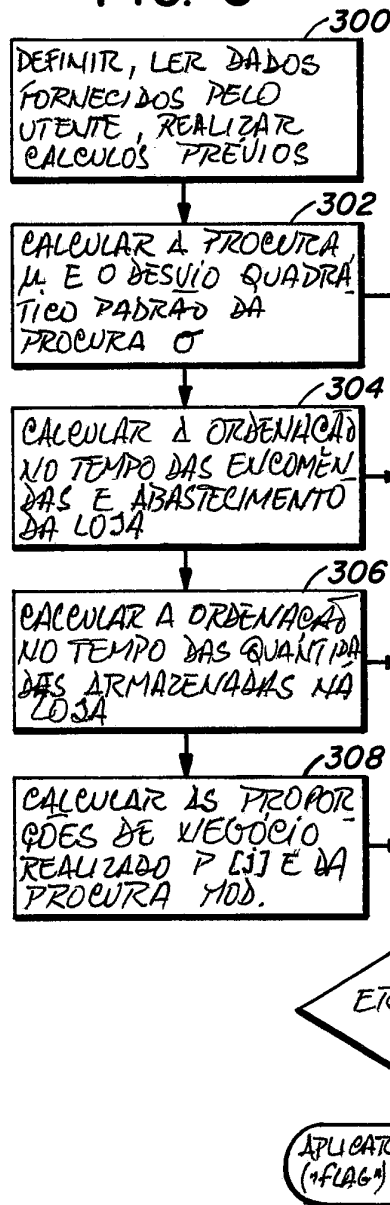
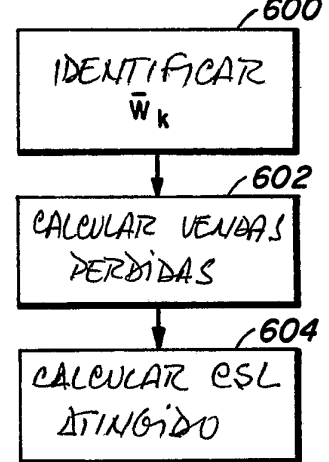


FIG. 6



Wifama

FIG. 4

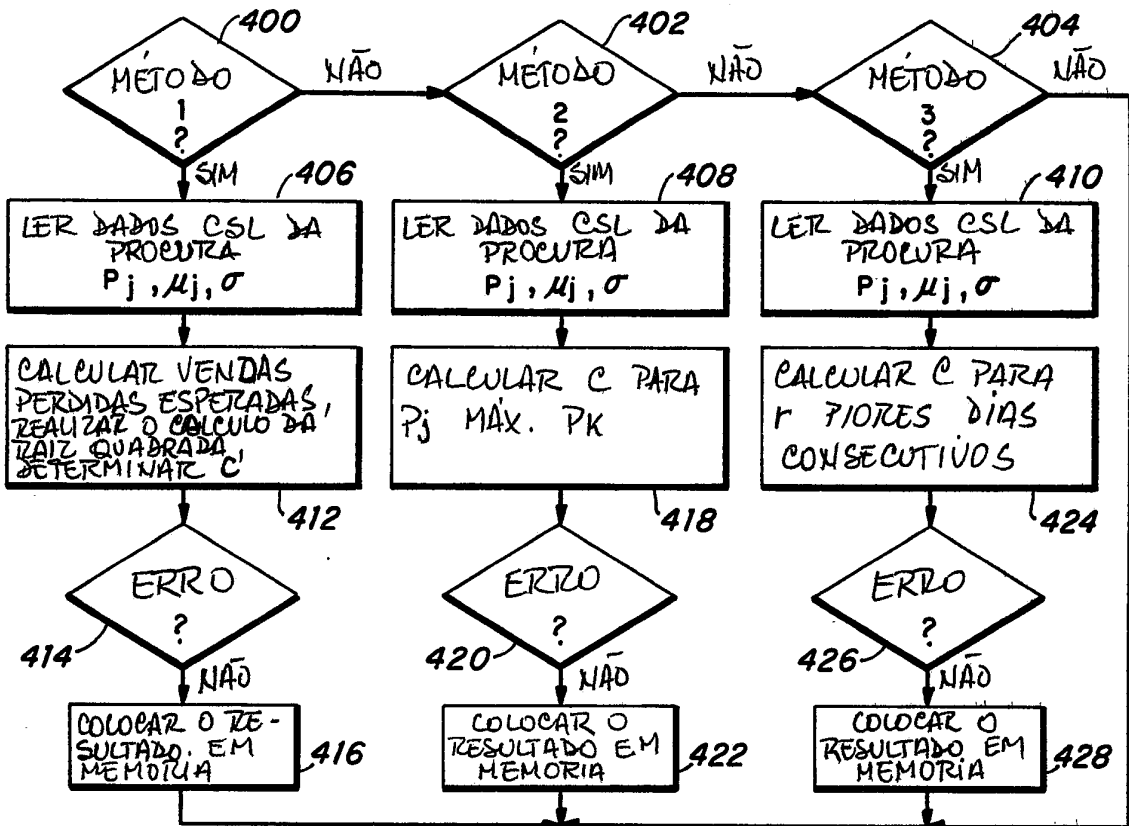


FIG. 5

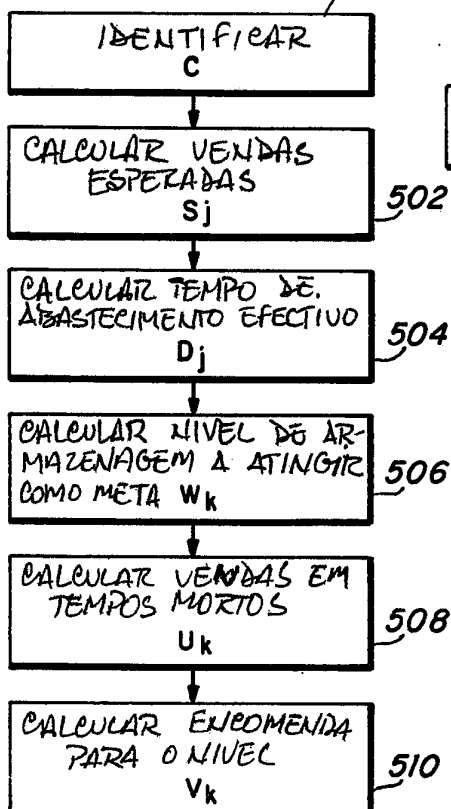


FIG. 7

