

Sistema Automatizado de Auditoria em Armazéns

Wagner Al-Alam¹, Renata Reiser¹, Maurício Pilla², Adenauer Yamin¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática Mestrado em Ciência da Computação
Universidade Católica de Pelotas – RS – Brasil

²Departamento de Informática/IFM
Universidade Federal de Pelotas – RS – Brasil

{alalam, reiser, adenauer}@ucpel.tche.br, mauricio.pilla@gmail.com

Abstract. *This work aims to model and calculate the relief volume of non-uniform surfaces. For this, we developed a software prototype called iCone to be used cooperatively with a relief scanner equipment that provides measurement of the distance of a given point in a warehouse to several points of the stored product. From these points, iCone calculates an estimated volume, using splines numerical interpolation. This system for calculation may be used to assist companies and government agencies with accurate data about storage use.*

Resumo. *Neste trabalho, são modelados e calculados computacionalmente volumes de relevos não uniformes. O trabalho apresenta o protótipo de software iCone para ser utilizado juntamente com um equipamento digitalizador de relevo, o que proporciona a medição do volume presente em um armazém com o erro previamente conhecido e controlado. Utiliza-se interpolação numérica por splines para controle do erro do cálculo. O iCone pode ser utilizado para auxiliar empresas e órgãos de controle do governo na realização de auditorias de estoque.*

1. Introdução

Empresas que trabalham com armazenamento de granéis e órgãos reguladores do governo, periodicamente necessitam validar os dados de estoque de produtos em um determinado armazém. Esta validação se faz necessária para verificar se o volume de produto que entrou na empresa condiz com o volume que saiu, somado ao armazenado e desconsiderando as perdas conhecidas. Neste contexto, o cálculo do volume de granéis é geralmente efetuado de forma manual e com baixa precisão, pois os formatos das figuras geométricas utilizadas no cálculo são aproximados, não considerando o relevo efetivamente presente nos armazéns.

Com o uso de tecnologias que possibilitam a medição de distâncias e de ângulos eletronicamente, torna-se viável o desenvolvimento de um digitalizador, equipamento que combina os dados coletados com cálculos que permitem a geração de uma matriz tridimensional de representação do relevo. A partir do acesso aos pontos desta matriz, torna-se possível a aplicação de algoritmos para simulação e visualização da modelagem do relevo, incluindo desde a computação de parâmetros relativos a distâncias, ângulos, áreas e volumes parciais até o volume total.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentados aspectos de modelagem e soluções tecnológicas relacionadas ao equipamento digitalizador;

na Seção 3 é apresentado o algoritmo que efetua o cálculo do volume; segue-se a Seção 4 descrevendo a modelagem da aplicação; por fim, tem-se na Seção 5 as conclusões e trabalhos futuros.

2. Equipamento Digitalizador

Para que seja possível o cálculo do volume de um relevo não uniforme, é necessário realizar a medição do relevo. Neste projeto, encontra-se em desenvolvimento um equipamento digitalizador capaz de efetuar medições e gerar uma matriz de pontos, a qual, posteriormente, será processada por um software de cálculo de volume.

2.1. Modelagem do Volume de Relevo do Produto

Um relevo tridimensional pode ser representado através de uma matriz de pontos, cada um composto por três coordenadas (\vec{OX} , \vec{OY} , \vec{OZ}) obtidas através de um equipamento capaz de posicionar os mesmos em um plano tridimensional.

2.2. Descrição do Digitalizador

O equipamento é composto de atuadores, sob a forma de motores de passo, uma trena eletrônica a *Laser* e um sistema computacional para controle. Os motores de passo caracterizam-se por apresentar um deslocamento angular preciso [Chen et al. 2000].

O funcionamento do equipamento consiste em posicioná-lo em um ponto inicial com a trena na posição vertical, efetuando uma primeira medição de distância. Após, aplicam-se movimentos angulares sobre a trena no sentido transversal ao armazém até o limite lateral previamente parametrizado. Em cada ângulo é efetuada uma leitura da distância e do respectivo ângulo. Em posse dos valores de cada medição, combinados com alguns parâmetros medidos na etapa de calibração, é possível calcular o posicionamento de cada ponto no plano tridimensional, caracterizando esta linha da matriz como um passo de medição.

Reposicionando o equipamento em diversos pontos do armazém se obtém uma representação completa do relevo, possibilitando o posterior cálculo do volume.

Existem outros equipamentos semelhantes ao desta proposta que apresentam funcionamento semelhante, porém com um custo relativamente elevado. Um exemplo é o modelo AR4000 da Acuity que apresenta valor em torno de R\$22.000,00. O protótipo proposto deve apresentar um custo total abaixo deste valor e com alcance compatível com grande parte dos armazéns. Esta diferença de valores se dá devido às tecnologias empregadas na construção do equipamento de medição, pois os atuadores que efetuarão a movimentação e uma trena a *Laser* apresentam um custo menor que os utilizados pelo modelo AR4000 [Distage 2003].

3. Protótipo iCone

Nesta Seção apresenta-se o funcionamento detalhado do protótipo iCone, o qual é um software que contempla o cálculo do volume, tendo como ponto de partida a matriz de pontos fornecida pelo equipamento digitalizador [Al-Alam et al. 2008].

No desenvolvimento do protótipo iCone utilizou-se uma metodologia denominada “Integração do Volume a partir da Área da Face das Subcamadas”, a qual além de sua modelagem levar em consideração todos os detalhes do relevo, ainda apresenta possibilidades

de ajustes. Diminuindo-se o tamanho de cada camada, através da interpolação dos passos de medição intermediários, o software apresenta uma maior precisão.

O funcionamento do método utilizado no iCone caracteriza-se por segmentar a matriz de pontos onde cada passo de medição se transforma em uma camada. Cada camada é subdividida em n novas subcamadas através de interpolação por *splines* [Kreyszig 1993] [Silva 2007], no eixo \overrightarrow{OX} e através da interpolação linear nos eixos \overrightarrow{OY} e \overrightarrow{OZ} .

A partir destas novas subcamadas, é calculada a área da face de cada poligonal através do método de integração numérica trapezoidal, e por fim, o valor obtido é multiplicado pela profundidade da correspondente subcamada.

4. Modelagem da aplicação

Esta seção aborda o funcionamento do protótipo iCone, o qual considera quatro etapas para o cálculo do volume, definidas a seguir:

- **Processamento da Entrada:** Depois da construção da matriz tridimensional, com as coordenadas dos pontos, calcula-se os polinômios de interpolação cujos coeficientes são armazenados em nova estrutura matricial, de tal forma que os polinômios de interpolação referentes a cada camada correspondem às linhas desta estrutura.
- **Segmentação da Matriz:** Como as medições dos pontos em cada iteração apresentam os mesmos valores para $Z(i)$, com i indicando o índice do passo de medição, pode-se definir uma camada como o intervalo entre as medições de $Z(i)$ e $Z(i + 1)$.

A partir desta etapa de segmentação da matriz, cada camada pode ser processada de forma autônoma, pois deixam de existir as dependências, possibilitando a exploração do paralelismo na próxima fase.

- **Divisão da Matriz de Pontos:** Pela forma como é modelado a matriz de entrada, considerando a divisão em camadas, ocorre a inconveniente formação de degraus na modelagem do relevo. Para se reduzir o efeito computacional desta formação, a quantidade de camadas deve ser aumentada pela aplicação da interpolação polinomial cúbica na construção de camadas intermediárias. Assim, tem-se a geração de uma nova matriz, com subcamadas de tamanho padronizado, as quais são utilizadas no cálculo do volume. Salienta-se ainda que:

- as dimensões obtidas pela interpolação são melhores aproximações das dimensões reais, minimizando os erros quando do cálculo do modelo matemático;
- a não dependência entre as camadas viabiliza a implementação paralela, considerando um ou mais nodos processadores na sua execução;
- a estratégia de execução é escolhida pelo usuário, pois dependendo da quantidade de pontos coletados e da precisão desejada, o processamento sequencial da execução pode se tornar computacionalmente inviável, justificando a execução paralela para ganho de desempenho.

Assim, o cálculo da área é efetuado a partir da face (poligonal) de cada subcamada, considerando os dados dos pontos sob a visão bi-dimensional, ignorando as coordenadas do eixo \overrightarrow{OZ} . A integração trapezoidal para o cálculo da área das subcamadas considera as coordenadas \overrightarrow{OX} e \overrightarrow{OY} dos pontos que definem cada

subcamada. O volume de cada subcamada corresponde ao produto da área de sua face pela respectiva profundidade (coordenada \overrightarrow{OZ}). Os valores dos volumes das subcamadas são entradas para um processo *somador*, que armazena o volume total da camada.

- **Geração do Resultado Final:** Efetua-se o somatório dos volumes das diversas subcamadas, retornando-se o resultado final.

Salienta-se que protótipo de software foi desenvolvido utilizando a linguagem Java, a qual mostra-se adequada e com as bibliotecas de suporte para a modelagem prevista. Porém, nesta etapa do projeto, como o equipamento digitalizador ainda não está implementado, os testes foram efetuados em ambiente simulado.

5. Conclusões

O desenvolvimento de um sistema de baixo custo, em relação aos outros similares, irá permitir seu uso tanto em grandes empresas quanto em pequenas. Uma contribuição central do iCone é a viabilização do processo de automação do cálculo do volume de produtos em armazéns. A versão paralelizada do iCone possibilita o tratamento de grandes volumes de dados de entrada em tempo factível, assim se apresentando um protótipo robusto para sua finalidade.

Seguem-se os principais desafios, propostos como trabalhos a serem desenvolvidos na continuidade.

5.1. Trabalhos Futuros

Consideram-se, logo a seguir, a relação das funcionalidades que deverão ser desenvolvidas e testadas para melhoria do desempenho do algoritmo:

- Extensão e suporte a outras metodologias.
- Desenvolvimento do digitalizador para a geração automática da matriz de entrada.
- Desenvolvimento do algoritmo para gerenciamento do digitalizador e cálculo das coordenadas dos pontos.

Os trabalhos futuros tem como principal meta a geração de um produto de software comercial, que satisfaça as necessidades de empresas da área de armazenamento.

Referências

- Al-Alam, W. G., Reiser, R. S., and Pilla, M. L. (2008). Estudo de metodologias para cálculo numérico do volume de produtos em armazéns. In *VIII Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional*, Pelotas / RS.
- Chen, F., Brown, G. M., and Song, M. (2000). Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods. *Optical Engineering*, 39(1):10–22.
- Distage (2003). *General - Laser Distance Meter*. Distage, <http://www.distage.com/gequ.html>.
- Kreyszig, E. (1993). *Advanced Engineering Mathematics*. John Wiley and Sons, NY.
- Silva, L. K. M. (2007). Um sistema de modelagem geométrica usando splines. Technical report, Universidade Católica de Pernambuco, Recife/PE.