

Proposta de Aplicação de Sistema de Paletização Robótica no Setor de Embalagem Industrial

Ana Luisa Moreira Schmidt (Universidade Positivo) analuisaschmidt2@gmail.com

Danielle Moura Viana (Universidade Positivo) danielle_mouraviana@gmail.com

João Carlos da Silva (Universidade Positivo) joaocdas@gmail.com

Resumo:

Ao longo deste trabalho será aplicado o método algébrico para movimentação de robô para a paletização, levando em consideração a quantidade e o dimensionamento das caixas por camada. Obtendo-se a melhor trajetória com o método heurístico, onde é possível otimizar o curso feito pelo robô paletizador com o menor tempo e caminho percorrido para cada amarração de caixas do setor industrial.

Palavras chave: Paletização, Otimização, Melhor caminho.

Proposal of Application of Robotic Palletizing System on Industrial Packing Sector

Abstract

Through this study it was applied the algebraic method for robotic movement for palletizing. Where there were a fixed number and dimension of boxes per layer, so it was possible to get the best path with the heuristic method, where it is possible to optimize the robot's course with the smallest time and path traveled for each lashing.

Key-words: Palletizing, Optimization, Best Path.

1. Introdução

Hoje, as empresas utilizam-se da automatização dos processos para que se tenha um menor número de falhas, alavancando a qualidade de seus produtos e maior volume de produção com menor número possível de recursos, elevando desse modo a eficiência do processo produtivo como um todo, assim, a empresa é vista no mercado com alto nível de competitividade, frente a seus concorrentes.

Para que se tenha uma forma de organização eficiente dos produtos, de maneira que estejam estáveis para transporte, é necessário que se faça a paletização dos mesmos. Desde que o surgimento e evolução da robótica móvel vem acontecendo, novas tecnologias têm sido

desenvolvidas para que a otimização em trajetória, tempo e espaço físico sejam aplicadas em robôs através de estudos detalhados feitos em cada etapa do processo.

Nesse trabalho foi aplicada metodologia algébrica para a movimentação de robô para a paletização, levando em consideração a quantidade e o dimensionamento das caixas por camada. Obtendo-se a melhor trajetória com o método heurístico, onde se tornou possível a otimização da trajetória feita pelo mesmo com o menor tempo e caminho percorridos.

Posteriormente, pretende-se aplicar este projeto em escala industrial no ramo alimentício.

2. Formatação geral

Para realização deste trabalho foi utilizado o modelo algébrico a fim de determinar as coordenadas nos pontos A, B e C (x, y), onde o pontos A corresponde ao robô paletizador, B a esteira e C ao palete, seus valores foram estimados como se fosse uma linha de produção de uma fábrica. Com esses valores foi possível achar os valores das trajetórias na diagonal (linha reta), vertical-horizontal (forma de L) e circular (arco), obtidos através das seguintes expressões:

Vertical – horizontal

Se resume na distância entre os pontos, sendo o trajeto realizado a partir de duas linhas retas, a primeira na vertical e a segunda na horizontal. Logo, o cálculo foi realizado pela distância em x mais a distância em y.

Distância em x

$$|x_1 - x_2| = \text{Distância em } x$$

Distância em y

$$|y_1 - y_2| = \text{Distância em } y$$

Distância total

$$\text{Distância em } x + \text{Distância em } y = \text{Distância total}$$

Diagonal

Para o cálculo da distância em diagonal foi usada a formula da distância entre dois pontos.

$$\text{Distância} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Circular

Para o cálculo da distância circular, viu-se necessário o cálculo do arco da circunferência.

Para isso, as seguintes etapas foram seguidas:

Primeiramente, foi encontrada a Corda do semicírculo, dada por C.

$$C = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \text{ Em}$$

seguida, foi obtida a semi-corda, (c).

$$c = \frac{C}{2}$$

A flecha do arco foi estimada, F.

Com os valores de F e c, foi obtido o raio da circunferência, R.

$$R = \frac{c^2 + F^2}{2 * F}$$

Com o valor de F encontrado, foi possível encontrar a tangente do ângulo formado, $\tan \alpha$

$$\tan \alpha = \frac{c}{R - F}$$

Com a tangente calculada, foi feito o arco tangente, para obter o ângulo α

Com todos os dados, foi possível obter o arco, que é a distância circular entre os pontos, A

$$A = \frac{2 * \alpha * \pi * R}{180}$$

3. Problema caixeiro viajante

Nesse estudo o ponto de partida/origem será o robô paletizador (Oij), seguindo para a esteira (Bij) no fim da linha de produção para pegar a caixa, deslocando em seguida para o palete (Cij) para colocar a caixa no espaço programado e depois retornando ao robô paletizador, isto é, nessa trajetória poderá haver apenas uma entrada e saída de cada caminho, retornando à origem/robô paletizador.

Essa será a trajetória feita tanto na primeira amarração quanto na segunda amarração, tendo uma distância (Rij) percorrida em cada caminho.

Oij → Bij → Cij → Oij

1ª operação (R-R= reta e reta);

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} + R_{ij} + R_{ij}$$

2ª operação (R-C= reta e círculo);

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} + R_{ij} + R_{ij}$$

3ª operação (C-R= círculo e reta);

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} + R_{ij} + R_{ij}$$

4ª operação (C-C= círculo e círculo);

n

$$\sum_i R_{ij} + R_{ij} + R_{ij}$$

Tendo como objetivo deste experimento determinar a melhor trajetória possível da planta que pode ser observada na Figura 1 na qual o robô se encontra na posição inferior, o palete é representado a cima e a esteira com as caixas está logo à direita, obtendo uma configuração das amarrações apresentadas na Figura 2 (amarração 1) e Figura 3 (amarração 2)

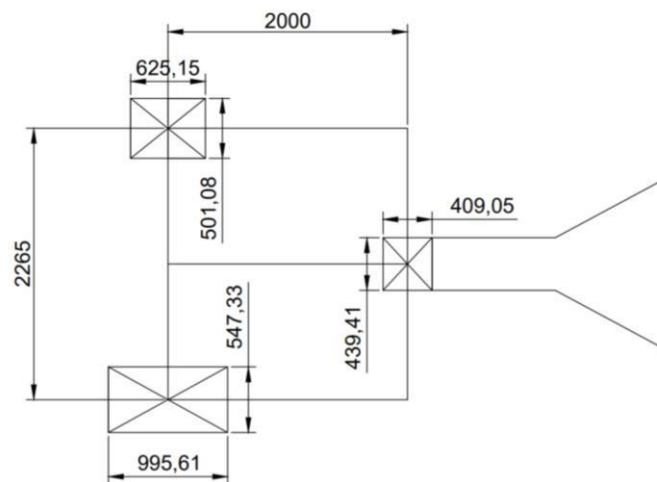


Figura 1– Planta da empresa em questão

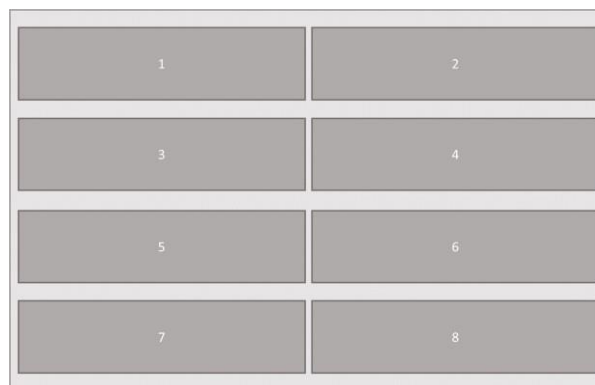


Figura 2 - Amarração 1

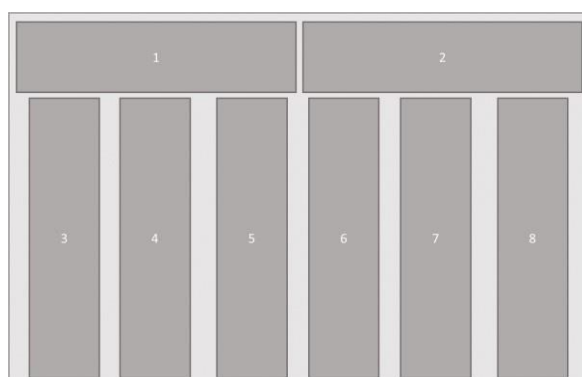


Figura 3 – Amarração 2

4. Resultados e discussão

Espera-se obter a viabilidade das metodologias proposta para otimização de paletização de locação de caixas na indústria no setor de embalagem.

Utilizando a álgebras das trajetórias com cálculos de retas e semicírculos, foram testadas todas as roteirizações de movimentação do robô e as mesmas estão dispostas nas tabelas a seguir, separadas por tipo de trajeto, cada caminho foi representado por uma letra e um número, os números representam o tipo de amarração adotada e as letras representam o percurso do braço, sendo A – do ponto zero para a esteira de caixas, B – da esteira para a posição 1, C – retorna ao ponto zero, D – da esteira de caixas para a posição 2, E – retorna ao ponto zero, F – da esteira para a posição 3, G – retorna ao ponto zero, H – da esteira para a posição 4, I – retorna ao ponto zero, J – da esteira para a posição 5, K – retorna ao ponto zero, L – da esteira para a posição 6, M – retorna ao ponto zero, N – da esteira para a posição 7, O – retorna ao ponto zero, P – da esteira para a posição 8 e Q – retorna ao ponto zero. Primeiramente estão dispostos nas tabelas 1 e 2 o comprimento dos movimentos para o trajeto em diagonal.

Caminho	Comprimento do Movimento
A1	229,8381224
B1	421,0107748
C1	246,2547665
D1	401,061183
E1	246,2547665
F1	410,330175
G1	233,7008558
H1	389,8343911
I1	233,7008558
J1	400,0116405
K1	221,4508975
L1	378,9581936
M1	221,4508975
N1	389,313463

O1	208,6097073
P1	367,647892
Q1	208,6097073
Total	5208,03829

Fonte: Autores

Tabela1 – Trajetos para amarração 1, em diagonal

Caminho	Comprimento do Movimento
A2	229,8381224
B2	422,3746116
C2	247,8492485
D2	402,4926242
E2	247,8492485
F2	406,9888236
G2	223,3334726
H2	400,109821
I2	221,895936
J2	392,9671133
K2	221,0997277
L2	386,1491319
M2	221,0997277
N2	379,6733713
O2	221,895936
P2	374,0052172
Q2	223,3334726
Total	5222,955606

Fonte: Autores

Tabela2 – Trajetos para amarração 2, em diagonal

Em seguida, podem ser observados os comprimentos dos movimentos no trajeto vertical horizontal, nas tabelas 3 e 4.

Caminho	Comprimento do Movimento
A1	313,25
B1	352,65
C1	265,9
D1	311,65
E1	265,9
F1	340,05
G1	253,3
H1	299,05
I1	253,3
J1	327,75
K1	241
L1	286,75

M1	241
N1	314,85
O1	228,1
P1	273,85
Q1	228,1
Total	4796,45

Fonte: Autores

Tabela1 – Trajetos para amarração 1, vertical-horizontal

Caminho	Comprimento do Movimento
A2	313,25
B2	354,25
C2	267,5
D2	313,25
E2	267,5
F2	339,95
G2	253,2
H2	327,67
I2	240,92
J2	314,39
K2	227,64
L2	301,11
M2	227,64
N2	287,83
O2	240,92
P2	275,55
Q2	253,2
Total	4805,77

Fonte: Autores

Tabela4 – Trajetos para amarração 2, vertical-horizontal

As distâncias para o movimento circular com flecha de 30 e 50 cm estão dispostas nas tabelas 5 e 6.

Caminho	Comprimento do Movimento para flecha=50	Comprimento do Movimento para flecha=30
A1	257,8265905	240,1419365
B1	436,6711986	426,6883848
C1	272,4920028	255,8879061
D1	417,4823906	407,0187749
E1	272,4920028	255,8879061
F1	426,3890184	416,1543381
G1	261,2572294	243,838702
H1	406,7167342	395,961976
I1	261,2572294	243,838702
J1	416,4749002	405,9847253

K1	250,4241715	232,1342102
L1	396,312325	385,2599306
M1	250,4241715	232,1342102
N1	406,2178247	395,4491704
O1	239,227113	219,9305544
P1	385,5210442	374,1414949
Q1	239,227113	219,9305544
Total	5596,41306	5350,383477

Fonte: Autores

Tabela 5 – Trajetos para amarração 1, circular

Caminho	Comprimento do Movimento para flecha=50	Comprimento do Movimento para flecha=30
A2	257,8265905	240,1419365
B2	437,9855637	428,034035
C2	273,9276648	257,4218191
D2	418,8568192	408,4292142
E2	273,9276648	257,4218191
F2	423,1764578	412,8603945
G2	252,0799232	233,9292239
H2	416,5691379	406,0814532
I2	250,815278	232,5584207
J2	409,7182282	399,0462997
K2	250,1156953	231,799532
L2	403,1884713	392,3346428
M2	250,1156953	231,799532
N2	396,9956819	385,9633547
O2	250,815278	232,5584207
P2	391,58293	380,389569
Q2	252,0799232	233,9292239
Total	5609,777003	5364,698891

Fonte: Autores

Tabela 6 – Trajetos para amarração 2, circular

O próximo passo foi entender a rota do robô paletizador com o menor caminho possível com a teoria do caixeiro viajante, e obteve-se os seguintes resultados, expostos nas tabelas 7 e 8.

Caminho	Otimização	Mais Curto
A1	229,8381224	Diagonal
B1	246,2547665	V-H
C1	311,65	Diagonal
D1	246,2547665	V-H
E1	340,05	Diagonal
F1	233,7008558	V-H
G1	299,05	Diagonal
H1	233,7008558	V-H
I1	327,75	Diagonal

J1	221,4508975	V-H
K1	286,75	Diagonal
L1	221,4508975	V-H
M1	314,85	Diagonal
N1	208,6097073	V-H
O1	273,85	Diagonal
P1	208,6097073	V-H
Q1	229,8381224	Diagonal

Fonte: Autores

Tabela 7 – Trajetos para amarração 1, caixeiro viajante

Caminho	Otimização	Mais Curto
A2	229,8381224	Diagonal
B2	354,25	V-H
C2	247,8492485	Diagonal
D2	313,25	V-H
E2	247,8492485	Diagonal
F2	339,95	V-H
G2	223,3334726	Diagonal
H2	327,67	V-H
I2	221,895936	Diagonal
J2	314,39	V-H
K2	221,0997277	Diagonal
L2	301,11	V-H
M2	221,0997277	Diagonal
N2	287,83	V-H
O2	221,895936	Diagonal
P2	275,55	V-H
Q2	223,3334726	Diagonal

Fonte: Autores

Tabela 8 – Trajetos para amarração 2, caixeiro viajante

5. Conclusão

Tendo em vista os aspectos analisados pode se dizer que nas duas amarrações a melhor trajetória percorrida pelo o robô paletizador será uma alternância entre diagonal e vertical – horizontal. No qual a trajetória circular de 30 e 50cm o caminho percorrido é o mais longo em relação ao demais.

Concluindo assim que a 1ª amarração tem a melhor otimização de trajetória do que a 2ª, com o menor caminho percorrido pelo robô paletizador aparece nas referências aleatórias incluídas a seguir. As referências devem aparecer em ordem alfabética e não devem ser numeradas. Todas as referências citadas no texto, e apenas estas, devem ser incluídas ao final, na seção

Referências.

DE MASI, D. A Sociedade Pós-Industrial, 2. ed., Editora Senai, São Paulo, 1999.

RIVIN, E. Mechanical Design of Robots, 1. ed., McGraw-Hill Inc, New York, 1988.

ROMANO, V.F. Robótica Industrial. Aplicação na indústria de manufatura e de processos, 1. ed., Editora Edgard Blucher LTDA, São Paulo, 2002.

NIKU, S.B., Introduction to Robotics Analysis, Systems, Applications, Prentice Hall, New Jersey, 2001.

Siciliano, A.V., Determinação de trajetória ótima em navegação robótica móvel, utilizando algoritmo genético, Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia. Coordenadoria de Pós-Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SANTOS, R. R., SARAMAGO, P.F.S., JR, S. V., Especificação de trajetória de robôs em tempo ótimo, In: POSMEC, 2004, Uberlândia. p. 1-2.

ARENALES, M. & MORABITO, R.: “An AND/OR-graph approach to the solution of twodimensional nonguilhotine cutting problems”, European Journal of Operational Research 84, 599-617, 1995

MORABITO, R. & WIDMER, J.A.: “O Problema do Carregamento de Paletes - Uma Metodologia para o Carregamento com Embalagens de Dimensões Iguais”. Anais do Vº Encontro Anual da ANPET, Belo Horizonte, 1991, 161-162 (resumo). Publicado na versão completa na Publicação STT ACN 40-91 da EESC-USP, São Carlos, 1991.

MOURA, R.: Sistemas e Técnicas de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, Santo André, 1983.

PUREZA, V.; MORABITO, R. Some experiments with a simple tabu search algorithm for the manufacturer's pallet loading problem, Computers & Operations Research, v. 33, p. 804 – 819, 2006.

SILVEIRA, L. B. R.; SALUSTIANO, E. O. A importância da ergonomia nos estudos de tempos e movimentos. P&D em Engenharia de Produção, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 71-80, 2012.

YAMASSAKI, C.; PUREZA, V. Um refinamento do algoritmo tabu de Dowsland para o problema de carregamento de paletes do produtor, Relatório Técnico, Departamento de Engenharia de Produção, UFSCar, 2001.