Modelo Matemático - Manufatura Aditiva

Pedro Nascimento de Lima

November 19, 2017

A Indústria da Manufatura Aditiva

Modelos de Difusão de Novos Produtos

Falar sobre cada modelo e mostrar o Quadro da análise dos modelos

Modelo empregado neste Trabalho

Esta seção do trabalho apresenta o modelo de equações diferenciais utilizado para simular o comportamento da indústria da manufatura aditiva.

Difusão e Demanda por Impressoras 3D.

Visão Geral do Modelo

O modelo proposto inicialmente por Sterman (XX) foi utilizado como ponto de partida deste trabalho, por possuir uma série de características desejáveis para este trabalho. Em primeiro lugar, o modelo não é restrito a monopólios, como o modelo de Bass (XX) e outros modelos deste trabalho (identificar e citar aqui). Além disso, o modelo possui uma estrutura de dinâmica competitiva considerando a interação de diversos fatores presentes na Indústria da Manufatura Aditiva, incluindo curvas de aprendizagens, diferentes players expandindo sua capacidade produtiva em função da demanda prospectada no mercado.

No modelo proposto por Sterman (XX) dois players, inicialmente com a mesma capacidade produtiva, iniciam vendendo produtos a um mercado em expansão.

Demanda

A demanda Total da indústria é formada pela soma de pedidos dos primeiros clientes e pedidos em função da substituição de impressoras antigas.

$$D^T = D^I + D^R$$

Demanda Inicial:

$$D^I = \mu(dA/dt)$$

Número de "Clientes":

$$A = \int_{t_0}^{t} N(\alpha + \beta M/P)$$

Número de "Consumidores Potenciais":

$$N = MAX(0, M^* - M)$$

Número de Consumidores que irão adotar o produto:

$$M^* = MIN(POP, POP^r * MAX(0, 1 + \sigma(P^{min} - P^r)/POP^r))$$

Inclinação da Curva de Demanda:

$$\sigma = -\varepsilon_d(POP^r/p^r)$$

Demanda por substituição de produtos:

$$D^r = \sum_i D_i \ ; \ D_i = \delta I_i$$

Installed Base:

$$I_{i,t} = I_{i,t_0} + \int_{t_0}^{t} S_{i,t} - D_{i,t}$$

Market Share

Orders:

$$O_i = S_i D^T$$

Share:

$$S_i = A_i / \sum_i A_i$$

Atratividade: - Aqui deve entrar também a performance do produto. Standard Logit decision model

$$A_i = e^{\varepsilon_p P_i / P^r} e^{\varepsilon_a (B_i/S_i)/\tau^r}$$

A Firma

O lucro líquido a valor presente π_t da firma i é definido como um estoque calculado em função das receitas e custos da empresa, trazidos a valor presente por um fator ρ. As receita líquida da empresa é calculada a partir do número de produtos entregues s_i pela empresa i e da diferença entre o preço médio dos produtos entregues $\bar{p_i}$, e do seu respectivo custo variável unitário vc_i. Os custos fixos da empresa são calculados a partir da sua capacidade C_i e de um custo fixo unitário fc_i. Desta maneira, o lucro líquido da empresa no tempo t será dado conforme esta equação:

$$\pi_t = \int_{t_0}^{t} [R_i - (C_i^f + C_i^v)] * e^{-\rho * t}$$

Receita:

$$R_i = S_i * (V_i / B_i)$$

Valor da Carteira de Vendas:

$$V_{i,t} = V_{i,t_0} + \int_{t_0}^{t} P_{i,t} * O_{i,t} - R_{i,t}$$

Custos:

$$C_i^f = u_i^f * K_i \ ; \ C_i^v = u_i^v * S_i$$

Custos Variáveis e Fixos decrescem conforme uma curva de experiência Standard learning curve:

$$u_i^f = u_0^f (E/E_0)^\gamma; \ u_i^v = u_0^v (E/E_0)^\gamma$$

Esta formlua pressupõe que não há troca de experiência entre os players, e que não há “perda de experiência”.

$$E_{i,t} = E_{i,t0} + \int_{t_0}^{t} S_i$$

Produção

Shipmentso é igual à Produção é igual a shipments, desprezando estoques na cadeia produtiva.

$$Q_i = MIN(Q_i^*, K_i); S_i = Q_i$$

Considera-se um sistema Make to Order, não considera estoques na cadeia. Para eles, o estoque na cadeia introduziria um efeito chicote ainda pior para a estratégia Get big fast, e por isso foi possível desconsidera-lo.

Neste ponto será necessário tomar uma decisão se este aspecto é importante para as estratégias consideradas ou não.

Delivery Delay:

$$\tau_i = B_i * Q_i$$

“Target Ship Rate:”

$$Q_i^* = B/\tau_i^*$$

Backlog de Produção:

$$B_{i,t} = B_{i,t0} + \int_{t_0}^{t} O_i - Q_i$$

Capacidade: Ajusta-se conforme uma função Erlang Lag de terceira ordem.

Este é o operador φ Erlang Lag.

$$K_i = \varphi(K^*, \lambda)$$

Capacidade Alvo e Previsão da Demanda A capacidade Alvo da Empresa K^* market share alvo S^* previsão da demanda D^* taxa de utilização de capacidade u^*

$$K^* = MAX(K^{min}, S^* D^e / u^*)$$

mínima escala de produção eficiente K^{min}.

Demanda Prevista (Demanda Esperada) D^e: Demanda Observada-Reportada D^r Anos de Previsão λ Taxa esperada de crescimento da demanda g^e

$$D^e = D^r * e^{\lambda * g^e}$$

Taxa de crescimento da demanda:

Horizonte Histórico usado para a previsão h Demanda Observada-Reportada D^r

$$g^e = ln(D^r_t / D^r_t - h)/h$$

Demanda Observada-Reportada D^r - Segue um suavização exponencial:

$$dD^r/dt = (D^T - D^r)/\tau^r$$

Market Share Alvo e Estratégia da Firma:

$$S^* = \begin{cases} MAX(S_i^{min}, S_i^u),\ if\ Str_i = Agress. \\ \\ MIN(S_i^{max}, S_i^u),\ if\ Str_i = Conserv. \end{cases}$$

Se a firma busca uma estratégia agressiva, a mesma busca um share dominante do mercado. Uma estratégia conservadora, por outro lado, busca acomodação entre seus rivais, e define um market share modesto.

A empresa agressiva também busca explorar sua vantagem aproveitando-se da demora dos outros players ainda aumentando seu share quando ela identifica que haverá demanda não atendida pelos outros players.

Market Share "Não-Disputado":

$$S_i^u = MAX(0, D_i^u / D^e)$$

Demanda não contestada:

$$D_i^u = D^e - u^* \sum_{j \neq i} K_j^e$$

Capacidade dos competidores esperada:

$$K_j^e = wK_j^{e^*} + (1-w)K_j$$

Calculo da Capacidade com defasagem - segue uma suavização exponencial:

$$dK_j^{e^*}/dt = (K_j^* - K_j^{e^*})/\tau^c$$

Preço: Preço também ajusta-se a um valor alvo com delay e tempo de ajuste.

$$dP_i/dt = (P_i^* - P_i)/\tau^p$$

Equação do Preço Alvo:

$$P^* = MAX\left[u^v, P\left(1 + \alpha^c\left(\frac{P^c}{P} - 1\right)\right)\left(1 + \alpha^d\left(\frac{Q^*}{u^* K} - 1\right)\right)\left(1 + \alpha^s\Big(S^* - S\Big)\right)\right]$$

Parâmetros, Unidades Valores Máximos e Mínimos:

$$P^C = (1 + m^*)(u_i^f + u_i^f)$$