ỨNG DỤNG NỘI SUY NEWTON TRONG KHÔI PHỤC DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN

Lê Triệu Tuấn*, Nguyễn Văn Giáp, Đỗ Văn Đại
Trường Đại học Công nghệ thông tin và truyền thông – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Chuỗi thời gian là một chuỗi các điểm dữ liệu, được đo theo từng khoảng thời gian liền nhau theo một tần suất thời gian thống nhất. Nghiên cứu về chuỗi thời gian đối với các doanh nghiệp có ý nghĩa quan trọng, nhằm phân tích, xử lí và hỗ trợ ra quyết định. Chuỗi thời gian không chỉ là số liệu giúp doanh nghiệp thực hiện các nghiệp vụ hiện tại, mà còn là nguồn số liệu quý giúp doanh nghiệp giảm thiểu rủi ro. Nội dung đề tài là đi nghiên cứu chuỗi thời gian trong doanh nghiệp và ứng dụng trong việc xây dựng mô hình dự báo chi phí, dự báo vật tư, doanh thu,... kỳ tiếp theo với sai số thấp. Đề tài, hướng tới chuỗi thời gian đa chiều nhằm nghiên cứu tìm hiểu tác động đa chiều, nhiều nhân tố vào một nhân tố nghiên cứu. Trên cơ sở đó, xây dựng mô hình tối ưu cho doanh nghiệp. Kết quả của đề tài là chương trình thực nghiệm, sẽ là công cụ hỗ trợ tác giả cũng như sinh viên trong việc xử lý, hoàn chỉnh một số chuỗi số liệu phục vụ học tập của sinh viên, nghiên cứu và giảng dạy của giáo viên.

Từ khóa: *Chuỗi thời gian, Chuỗi các điểm dữ liệu, Chuỗi thời gian trong doanh nghiệp, Mô hình dự báo chi phí, Dư báo vật tư*

GIỚI THIỆU VỀ NỘI SUY

Thông thường trong một số lĩnh vực như kinh tế, các đại lượng khảo sát thường không được cho dưới dạng hàm liên tục, mà là bảng các giá trị rời rạc. Các phương pháp giải tích toán học thường tính toán với các hàm cho bởi các công thức, do đó không thể áp dụng trực tiếp để nghiên cứu các hàm cho dưới dạng rời rạc. Cũng có khi ta biết rằng đại lượng y là một hàm của đại lượng x, tức là y = f(x), nhưng ta không biết biểu thức hàm f(x) mà chỉ biết một số giá trị y_i tương ứng với các giá trị của x tại các điểm x_i như trong bảng sau:

Bảng 1. *Bảng giá trị x, y*

x	x_0	x_1	x_2	...	x_{n-1}	x_n
y	y_0	y_1	y_2	...	y_{n-1}	y_n

Thông thường thì x0< x1 < x2 < . . . < xn và các điểm này có thể phân bố cách đều hoặc không. Mặc dù ta chỉ biết các giá trị của y tại các điểm mốc x_i, nhưng trong nhiều trường hợp ta cần tính toán với các giá trị y tại các vị trí khác của x. Một câu hỏi đặt ra là: cho một điểm x không thuộc các điểm x_i cho ở trên, làm thế nào chúng ta có thể tính được giá trị y tương ứng với nó, sao cho chúng ta có thể tận dụng tối đa các thông tin đã có [1].

Bài toán nội suy là bài toán tìm giá trị gần đúng của y tại các điểm nằm giữa các giá trị x không có trong bảng trên. Nếu cần tìm các giá trị gần đúng của y tại các điểm x nằm ngoài khoảng [x0, xn] thì bài toán được gọi là bài toán ngoại suy. Một bộ n+1 cặp các giá trị đã biết của x và y: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ được gọi là một mẫu quan sát, còn $x_0, x_1, \dots, x_n$ được gọi là các điểm quan sát và $y_0, y_1, \dots, y_n$ là các kết quả quan sát [3].

Vì bài toán của chúng ta không chỉ giải quyết với một giá trị x cụ thể, mà là cả một miền giá trị nào đó của x. Do đó câu hỏi trên cũng tương đương với vấn đề sau: hãy tìm một hàm g(x) sao cho miền giá trị của nó chứa các điểm $(x_0, x_1, \dots, x_n)$ và hàm này xấp xỉ tốt nhất tập số liệu đã có là các cặp $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ theo một nghĩa nào đó [5]. Chúng ta thấy ngay là tập số liệu là hữu hạn, còn tập các giá trị cần ước lượng là vô hạn, nên sẽ có vô số hàm g(x) nếu chúng ta không đưa ra một số ràng buộc nào đó về g(x). Điều đầu tiên chúng ta quan tâm là nên chọn dạng hàm g(x) như thế nào [2].

* *Tel: 0913 803671; Email: lttuan@ictu edu.vn*

Một cách tự nhiên, ta có thể đặt điều kiện về hàm g(x) như sau:

- $g(x_i)$ i =0,1,2,...,n gần các điểm y_i nhất theo một nghĩa nào đó.
- g(x) là duy nhất theo một số điều kiện nào đó.
- Hàm g(x) liên tục, không có điểm gấp khúc và ít thay đổi trong từng đoạn $[x_i, x_i+1]$.

Người ta thường dùng các phương pháp xấp xỉ sau để xác định đa thức p(x):

Nếu ta biết rằng các cặp giá trị (x_0,y_0), (x_1,y_1), ..., (x_n,y_n) là thể hiện của một hàm f(x) nào đó, tức là ta biết rằng y=f(x) và như vậy tại các điểm x_i, i=0,1,...,n $y_i = f(x_i)$. Trong trường hợp này ta đòi hỏi đa thức p(x) phải đi qua các điểm (x_i,y_i), i=0,1,...,n [4].

Bài toán nội suy bây giờ có thể phát biểu cụ thể hơn như sau:

Cho một mẫu quan sát gồm n+1 cặp các giá trị đã biết của x và y: (x_0, y_0), (x_1, y_1), . . , (x_n, y_n). Hãy xây dựng một đa thức bậc $m \le n$

$$pm(x) = a_0 + a_1x_1 + \ldots a_{m-1}x_{m-1} + a_mx_m \quad (1)$$

sao cho $p_m(x_i) = y_i$, i = 0, 1,..., n (2)

$$(cf)[x_k, x_{k-1}, \ldots, x_0] = cf[x_k, x_{k-1}, \ldots, x_0]$$

Người ta gọi bài toán trên đây là bài toán nội suy đa thức, và đa thức $p_m(x)$ được gọi là đa thức nội suy [1].

Các tỷ hiệu

Xét hàm y = f(x) trên đoạn [a, b]

$$(f+g)[x_k, x_{k-1}, \ldots, x_0] = f[x_{k,\ldots} x_0] + g[x_k, x_{k-1}, \ldots, x_0]$$

Định nghĩa: từ bảng số $y_i = f(x_i)$, i = $\overline{0,n}$ (1)

Các mốc nội suy: $a \equiv x_0 < x_1 < x_2 < \ldots < x_n \equiv b$. Ta gọi

$$[fx_i, x_{i-1}] = \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{x_i - x_{i-1}}; \quad (i=1, n)$$

là tỷ hiệu cấp một của Hàm f(x)

Tỷ hiệu của tỷ hiệu cấp một là tỷ hiệu cấp hai, và ký hiệu là

$$f[x_{i+1}, x_i, x_{i-1}] = \frac{f[x_{i+1}, x_i] - f[x_i, x_{i-1}]}{x_{i+1} - x_{i-1}}$$

$\overline{i=1,n-1}$

Tỷ hiệu của tỷ hiệu cấp n-1 gọi là tỷ hiệu cấp n và ký hiệu là:

$$f[x_n, x_{n-1}, \ldots x_1, x_0] = \frac{f[x_n, x_{n-1}, \ldots x_1] - f[x_{n-1}, \ldots x_1, x_0]}{x_n - x_0};$$

Ta thấy tỷ hiệu cấp 1 cần hai mốc nội suy, cấp hai cần 3 mốc,... cấp n cần n+1 mốc

Các tỷ hiệu định nghĩa như trên được cho trong bảng:

Bảng 2. *Bảng tỷ hiệu*

x	y	f[.]	f[..]	f[...]	f[....]
x_0	y_0				
x_1	y_1	$f[x_1,x_0]$			
x_2	y_2	$f[x_2,x_1]$	$f[x_2,x_1,x_0]$		
x_3	y_3	$f[x_3,x_2]$	$f[x_3,x_2,x_1]$	$f[x_3,x_2,x_1,x_0]$	
x_4	y_4	$f[x_4,x_3]$	$f[x_4,x_3,x_2]$	$f[x_4,x_3,x_2,x_1]$	$f[x_4,x_3,x_2,x_1,x_0]$
					-
x_n	y_n	$f[x_n,x_{n-1}]$	$f[x_n,x_{n-1},x_{n-2}]$	$f[x_n,x_{n-1},\ldots,x_{n-3}]$	$f[x_n,x_{n-1},\ldots,x_1,x_0]$

Tính chất của tỷ hiệu

Tính chất 1: Tỷ hiệu cấp k của một tổng bằng tổng các tỷ hiệu cùng cấp:

Hằng số nhân được đưa ra ngoài tỷ hiệu

Tính chất này được chứng minh bằng cách cho k=1, k=2 (truy hồi)

Tính chất 2: Tỷ hiệu có tính chất đối xứng

$$f[x_{i-1}, x_i, x_{i+1}] = f[x_{i+1}, x_i, x_{i-1}]; i = \overline{1, n-1}$$

$$f[x_0, x_1, \ldots x_n] = f[x_n, x_{n-1}, \ldots x_1, x_0]$$

Tính chất này được suy ra từ định nghĩa

Tính chất 3:

- Tỷ hiệu của hằng số thì bằng không
- Tỷ hiệu cấp m của đa thức bậc n là hằng số

Còn m>n thì tỷ hiệu cấp >n là bằng không.

Chứng minh: $f(x) = C - const$

Thì

$$f[x_i, x_{i-1}] = \frac{C - C}{x_i - x_{i-1}} = 0 \text{ (đúng)}$$

Xét $f(x) = x^k$ (k nguyên dương)

Ta có

$$f[x_i, x_{i-1}] = \frac{x_i^k - x_{i-1}^k}{x_i - x_{i-1}} = x_i^{k-1} + x_i^{k-2}x_{i-1} + \ldots + x_{i-1}^{k-1}$$

là đa thức cấp k-1. Áp dụng tính chất 1 và tính tỷ hiệu lần nữa ta được đa thức bậc k-2, và cứ như thế ta thu được tỷ hiệu cấp k của x^k là đa thức bậc không, nghĩa là hằng số.

Vậy tỷ hiệu cấp k của x^k là hằng số, còn tỷ hiệu cấp k+1 trở đi của x^k thì bằng không.

Từ đó ta áp dụng cho đa thức bậc n $P_n(x) = a_n x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \ldots + a_1 x + a_0; (a_n \neq 0)$

Sử dụng tính chất 1 và kết quả vừa chứng minh ta suy ra điều phải chứng minh.

Đa thức nội suy Newton

Xuất phát từ bảng số $y_i = f(x_i)$, $i = 0,..,n$ với các mốc nội suy là $x_0, x_1, x_2, \ldots x_n$; $x_i \in [a,b]$

Dựa vào định nghĩa của tỷ hiệu Newton xây dựng đa thức nội suy như sau: cùng với các mốc nội suy x_i; $i = \overline{0,n}$, đưa thêm vào mốc x bất kỳ. Ta có:

$$f[x, x_0] = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

Do đó:

$$f(x) = f(x_0) + (x - x_0) f[x, x_0] \quad (2)$$

Ta lại có:

$$f[x, x_0, x_1] = \frac{f[x, x_0] - f[x_0, x_1]}{x - x_1}$$

Từ đó ta có:

$$f[x_0, x_1] = f[x_0, x_1] + (x - x_1) f[x, x_0, x_1]$$

Và cứ thế tiếp tục, cuối cùng ta thu được (3) sau đây:

$$f(x) = f(x_0) + (x - x_0) f[x_0 - x_1] + (x - x_0)(x - x_1) f[x_0, x_1, x_2] + \ldots$$

$$\ldots + (x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_{n-1}) f[x_0, x_1 \ldots x_n] + (x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_n) f[x, x_0, x_1 \ldots x_n]$$

Trong công thức (3) nếu đặt:

$$P(x) = f(x_0) + (x - x_0) f[x_0, x_1] + \ldots + (x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_{n-1}) f(x_0 - x_n) \quad (4)$$

Và

$$R(x) = (x - x_0)(x - x_1)\ldots(x - x_n) f[x, x_0, x_1 \ldots x_n] = \omega_{n+1}(x) f[x, x_0, \ldots, x_n] \quad (5)$$

Thì $f(x) = P_n(x) + R(x)$ (6)

$P_n(x)$ - là đa thức bậc n. Ta cần chỉ ra $P_n(x)$ thỏa mãn điều kiện $P_n(x_i) = y_i$, $i = \overline{0,n}$

Từ (6) ta có:

$$f(x_i) = y_i = P_n(x_i) + R(x_i) \; ; i = \overline{0,n}$$

Vậy $P_n(x)$ tính theo công thức (4) là đa thức nội suy sinh ra từ bảng số (1). Đa thức (4) được gọi là đa thức nội suy Newton (hay đa thức nội suy xuất phát từ mốc x_0; còn $R(x)$ xác định theo công thức (5) là số hạng dư (sai số).

Dạng đa thức (4) phụ thuộc vào cách sắp xếp các mốc $x_0, x_1, x_2, .., x_n$. Hơn thế nữa tỷ hiệu có tính chất đối xứng, nên nếu ta sắp xếp lại các mốc nội suy theo thứ tự:

$$x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \ldots, x_1, x_0$$

Từ bảng 2 (bảng tỷ hiệu) ta thấy công thức (4) và (6) là được sử dụng trên cùng một bảng số. Công thức (4) các tỷ hiệu được sử dụng là hàng đầu của bảng số nên (4) còn được gọi là đa thức nội suy Newton tiến (xuất phát từ x_0 tiến dần lên). Công thức (6) được sử dụng dòng cuối cùng của bảng, xuất phát từ x_n và lùi dần lại nên (6) còn được gọi là đa thức nội suy Newton lùi.

Thông thường đa thức nội suy Newton tiến thường được sử dụng để tính giá trị gần đúng của $f(x)$ tại điểm x gần với đầu bảng (gần x_0) . Còn công thức để tính khi x ở gần cuối bảng (gần x_n).

Nội suy Newton với mốc cách đều

Sai phân với mốc cách đều

Giả sử f: f: R $\rightarrow$ R là một hàm cho trước và h = const $\neq$ 0. Ta gọi sai phân cấp 1 của f(x) là đại lượng: $\Delta f(x) = f(x + h) - f(x)$

Tỷ sai phân cấp 1 của f(x) là $\frac{\Delta f(x)}{h}$

Một cách tổng quát: $\Delta^n f(x) := \Delta[\Delta^{n-1} f(x)]$ $(n \geq 1)$, $\Delta^0 f(x) := f(x)$.

Các tính chất của sai phân:

1) Δ là toán tử tuyến tính, nghĩa là:

$$\forall \alpha, \beta \in R; \forall f, g \Rightarrow \Delta(\alpha f + \beta g) = \alpha\Delta f + \beta\Delta g$$

2) Nếu c=const thì $\Delta c = 0$.

3) $\Delta^n(x^n) = (x+h)^n - x^n = nhx^{n-1} + \cdots;$

$$\Delta^2(x^n) = \Delta(nx^{n-1}h) + \ldots = nh\Delta(x^{n-1}) + \ldots = n(n-1)h^2x^{n-2} + \ldots$$

$$\Delta^n(x^n) = n!h^n$$

Từ tính chất (2) suy ra $\Delta^m(x^n) = 0$ với mọi m>n

4) Nếu P(x) là đa thức bậc n thì theo công thức Taylor:

$$\Delta P := P(x+h) - P(x) = \sum_{i=0}^{n} \frac{h^i}{i!} P^i(x)$$

5) $f(x+nh) = \sum_{i=0}^{n} C_n^i \Delta^i f(x)$

Bảng sai phân

Giả sử hàm số y=f(x) cho dưới dạng bảng $y_i=f(x_i)$ tại các mốc x_i cách đều:

$$x_{i+1} - x_i = h = \text{const } (i \geq 0)$$

Khi đó sai phân của dãy y_i được xác định như sau:

$$\Delta y_i = y_{i+1} - y_i;$$

$$\Delta^2 y_i = \Delta(\Delta y_i) = \Delta y_{i+1} - \Delta y_i; \ldots$$

$$\Delta^n y_i = \Delta(\Delta^{n-1} y_i) = \Delta^{n-1} y_{i+1} - \Delta^{n-1} y_i$$

Tổng quát:

$$y_{n+i} = \sum_{j=0}^{n} C_n^j \Delta^j y_i$$

$$\Delta^n y_i = \sum_{j=0}^{n} (-1)^j C_n^j \Delta^j y_{i+n-j}$$

Nội suy ở đầu bảng

Mốc nội suy được sắp theo thứ tự: $x_0 < x_1 < \ldots < x_n$.

Ta tìm đa thức nội suy dưới dạng:

$P(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)(x - x_1) + \ldots + a_n (x - x_0)\ldots(x - x_{n-1})$

Cho $x=x_0$ ta được $a_0=y_0$, x $x_1 \Rightarrow a_1 = \frac{\Delta y_0}{h}$

Đặt $x = x_i$, Ta có $a_i = \frac{\Delta^i y_0}{i!h^i}$. Đổi biến $t = \frac{x-x_0}{h}, x = x_0 + th$, ta được::

$$f(x_0+th) = y_0 + \frac{t}{1!}\Delta y_0 + \frac{t(t-1)}{2!}\Delta^2 y_0 + \ldots + \frac{t(t-1)\ldots(t-n+1)}{n!}\Delta^n y_0$$

$$+ \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} h^{n+1} t(t-1)\ldots(t-n) \ (*)$$

Ta gọi (*) là công thức nội suy Newton tiến.

ỨNG DỤNG NỘI SUY NEWTON VÀO ĐÁNH GIÁ BÀI TOÁN KINH TẾ

Thuật toán

- Input: Giá trị cho các mốc $(x_0,\ldots,x_{n-1})$ và $(y_0,\ldots,y_{n-1})$; giá trị cần nội suy x_0
- Output: Giá trị y_0, đa thức nội suy $P_n(x)$
- Thuật toán:

Bước 1: Nhập số mốc thu thập (n), nhập các giá trị cho các mốc $(x_0,\ldots, x_{n-1})$ và $(y_0,\ldots, y_{n-1})$

Bước 2: Khởi tạo của P = y_0, T=1;

Bước 3: Tính for i=0 to n do

```
Begin
   for j=0 to n-i
      Begin
         y[j]=(y[j+1]-y[j])/(x[j+i]-
         x[j]);
         T=T*(xx-x[i-1]);
         P=P+y[j]*T;
      end return P;
      end;
```

Dùng mô hình hồi quy tuyến tính để so sánh

Phương pháp hồi quy tuyến tính hay còn gọi là phương pháp hồi quy đơn. Phương pháp này phân tích các nguồn số liệu được ghi lại trong quá khứ cũng như hiện tại để đưa ra dự báo cho hoạt động kinh doanh của doanh nghiệp.Trên cơ sở đó các nhà phân tích có thể đưa ra các biện pháp, định hướng trong hoạt động kinh tế cho doanh nghiệp, đơn vị, số liệu đang phân tích. Phân tích hồi quy tuyến tính thường được sử dụng rộng rãi trong phân tích và dự báo chuỗi số liệu. Hồi quy tuyến tính dùng xét mối quan hệ tuyến tính giữa một biến kết quả và một biến giải thích hay là biến nguyên nhân (nếu giữa chúng có mối quan hệ nhân –quả).

- Trong phương trình hồi quy tuyến tính, một biến gọi là: biến phụ thuộc, một biến kia gọi là tác nhân gây ra sự biến đổi, gọi là biến độc lập.

Phương trình hồi quy đơn biến (đường thẳng)có dạng tổng quát:

y = ax + b

Trong đó: y : Biến số phụ thuộc .

x : Biến số độc lập.

b : Tung độ gốc hay nút chặn.

a : Độ dốc hay hệ số góc.

y trong phương trình trên được hiểu là y ước lượng, người ta thường viết dưới hình thức y^. Phương trình tổng chi phí của doanh nghiệp có dạng: y= ax+ b

$$a = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - \sum_{i=1}^{n} x_i \sum_{i=1}^{n} y_i}{n\sum_{i=1}^{n} x^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$$

$$b = \bar{y} - a * \bar{x}$$

Trong đó:

$\bar{y}$: y trung bình

$\bar{x}$: x trung bình

Các chỉ số so sánh

Để đánh giá chất lượng của phương pháp nội suy Newton. Chúng ta tiến hành so sánh mức độ sai lệch của kết quả nội suy theo phương pháp Newton và mức độ sai lệch theo phương pháp hồi quy tuyến tính. Chúng ta sử dụng hai đại lượng quan trọng nhất để đánh giá mức độ chính xác của mô hình: Phương sai và độ lệch chuẩn:

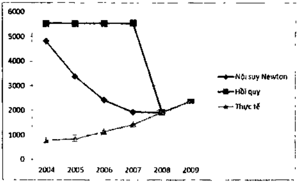
- Phương sai

$$S^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2$$

- Độ lệch chuẩn

$$S = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$$

So sánh nội suy Newton và hồi quy tuyến tính



Hình 1. *Biểu đồ số liệu so sánh các mô hình*

KẾT LUẬN

Qua số liệu đã cho và kết quả tính toán ta nhận thấy rằng, trong thực tế có nhiều hiện tượng có quy luật khác nhau, tuỳ theo từng bài toán kinh tế cụ thể mà ta chọn phương pháp nội suy thích hợp để có được kết quả nội suy sát với thực tế nhất.Việc ứng dụng phương pháp nội suy vào các bài toán kỹ thuật đặt ra trong thực tế là rất cần thiết và rất có ý nghĩa thực tiễn bởi nó đã góp phần giảm khối lượng số liệu nghiên cứu đo đạc như thế là ta đã tiết kiệm được một khoản rất lớn chi phí cho việc thu thập và xác định số liệu trên cơ sở đường xu hướng và mối quan hệ tương quan giữa các đại lượng thông qua phương pháp nội suy để tính toán.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tạ Văn Đĩnh, (1997), *Giáo trình phương pháp tính*, Nxb Giáo dục, Hà Nội.

2. Nguyễn Thế Hùng, (2006), *Giáo trình Phương pháp tính*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.

3. Lê Trọng Vinh, (2005), *Giải tích số*, Nhà xuất bản khoa hoc và kỹ thuật ,Hà Nội.

4. Martin Medeiros and Reiko Higuchi, (2012), "Ecommerce 2012", *Jurisdiction, Intellectual Property, Contracts and Case Updates*, Canada.

5. George Tanewski, (2003), "Determining Benefits from B2C e-Commerce" *A Strategic Approach*, Vol. 3, No. 6, pp. 105-131, Published by The International Journal of Digital Accounting Research, Australia.

SUMMARY

APPLICATIONS OF NEWTON INTERPOLATION DATA RECOVERY TIME SERIES

Le Trieu Tuan*, Nguyen Van Giap, Do Van Dai

College of Information and Communication Technology –TNU

Time series is a series of data points, measured in each consecutive period of time under a unified frequency. Research on time series for business significance, to analyze, process and support decision making. Time series data is not only helps businesses implement existing business, but also the source of your data to help businesses minimize the risks. The content is subject to study time series in business and application modeling to forecast costs and forecast supplies, sales, etc, next period with low errors. The theme, towards multidimensional time series study aimed to find out the impact multidimensional, many factors in a study of factors. On that basis, build models optimized for business. The result of this research is experimental program, should be instrumental in supporting student writers as well as in the processing, complete a number sequence data for student learning, research and teaching of teachers.

Keywords: *Time series data points Chain, Chain of time in business, Cost forecast models, Forecast supplies*

Ngày nhận bài:30/10/2015; Ngày phản biện 17/11/2015; Ngày duyệt đăng: 15/3/2016

Phản biện khoa học: *TS Đào Thế Huy – Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông - ĐHTN*

* *Tel: 0913 803671, Email: lttuan@ictu edu vn*