



jet.com.ua

ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ ЖУРНАЛ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ISSN 1729-3774

информационные технологии

інформаційні технології

information
technologies

новая экономика

нова економіка

new economy

промышленные технологии

промислові технології

industrial
applications

2/4(44)
2010

Характерною тенденцією останнього часу діяльності та розвитку терміналів є уніфікація технологічних процесів перевантажувальних і сортувальних робіт з урахуванням логічних систем.

5. Висновки та перспективи подальших досліджень

Отже, для підвищення ефективності доставки вантажів можна визначити основні перспективні напрямки досліджень та розвитку термінальних систем, як сучасної ресурсозберігаючої технології доставки вантажів:

- визначення та прогнозування вантажопотоків;
- формалізація окремих технологічних процесів та розробка імітаційної моделі функціонування термінальної системи;
- раціональна організація транспортного процесу трьох синхронно функціонуючих підсистем (підвозу, розвозу, терміналів, міжтермінальне перевезення);
- розробка конкурентоспроможної тарифної системи;
- формування єдиного організаційно-економічного, фінансового, інформаційного, кадрового й нормативно-правового забезпечення;
- створення в умовах зростаючого попиту на організацію перевезень вантажів у міжнародному сполученні

багатофункціональних мультимодальних терміналів з митною обробкою вантажів, які є основним інфраструктурним елементом у міжнародній логістичній мережі;

- передбачення можливості спеціалізації терміналів, що пояснюється необхідністю забезпечення високого рівня сервісного обслуговування клієнтів в умовах конкурентної боротьби. Вона дозволяє врахувати вимоги клієнтів до перевезення, зберігання й переробки вантажів, підвищити ефективність логістичного менеджменту і якість сервісу, вибрати оптимальні типи спеціалізованих автотранспортних засобів і знизити логістичні витрати.

Література

1. Транспортная логистика [Текст] : учеб. / под ред. Л.Б.Миротина. – 2-е изд., стереотип. – М.: Экзамен, 2005. – 512 с. – ISBN 5-472-00395-4
2. Нагорний Є.В. Оцінка ефективності прискореної переробки тарно-штучних вантажів на терміналі. / Нагорний Є.В., Самойленко А.С. // Східноєвропейський журнал передових технологій: сб. науч. тр. – 2008. – Вып. (31) – С. 51-53.

УДК 519.216

ВЕКТОРНЫЙ ПОЛИНОМИАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОЙ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

И. П. Атаманюк

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра высшей и прикладной математики
Николаевский государственный аграрный университет
ул. Парижской коммуны, 9, г. Николаев, 54010
Контактный тел.: 098-797-12-34
E-mail: atamanyuk_igor@mail.ru

Отримано оптимальне поліноміальне рішення задачі прогнозу векторного випадкового процесу. Алгоритм екстраполяції базується на апараті канонічних розкладів випадкових процесів

Ключевые слова: випадковий процес, канонічний розклад, екстраполяція

Получено оптимальное полиномиальное решение задачи прогноза векторного случайного процесса. Алгоритм экстраполяции базируется на аппарате канонических разложений случайных процессов

Ключевые слова: случайный процесс, каноническое разложение, экстраполяция

It is received optimum polynomial the decision of a problem of the forecast of vector casual process. The algorithm of extrapolation is based on the device of canonical decomposition of casual processes

Key words: casual process, canonical decomposition, extrapolation

Широкий круг проблем теорії та практики управління та діагностики зв'язан з рішенням задач екстраполяції випадкових процесів. Распространенность

такого рода задач определяется существенным влиянием случайных факторов на большинство процессов функционирования технических устройств. В резуль-

тате этого обстоятельства значительную часть управляющих решений приходится принимать в условиях статистической неопределенности, поскольку характеристики управляемых объектов случайным образом изменяются во времени и пространстве. В указанных условиях любая задача управления реальным объектом может трактоваться как задача управления некоторым случайным процессом, количественно описывающим изменения состояния этого объекта.

Постановка задачи

Пусть векторный случайный процесс $X_h(t), h = \overline{1, N}$, описывающий изменение во времени Π взаимосвязанных параметров технического устройства, полностью задан в дискретном ряде точек $t_i, i = \overline{1, I}$ моментными функциями $M[X_h^v(i)X_h^\mu(j)], i, j = \overline{1, I}, h = \overline{1, N}; v, \mu = \overline{1, N}, v + \mu \leq N$. Необходимо получить оптимальные оценки $\hat{x}_h(i), i = \overline{k+1, I}, h = \overline{1, N}$ будущих значений исследуемого случайного процесса для каждой его составляющей $X_h(t)$ при условии, что известны значения $x_h^\mu(j), j = \overline{1, k}, \mu = \overline{1, N-1}, h = \overline{1, N}$ в первых k точках наблюдения.

Решение

Наиболее универсальным подходом к решению поставленной задачи с точки зрения ограничений, накладываемых на случайный процесс, является применение к исследуемому процессу аппарата канонических разложений [1,2]. Для векторного случая такое разложение с полным учетом взаимокорреляционных связей между составляющими имеет вид [3]:

$$X_h(i) = M[X_h(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{\lambda=1}^{\Pi} V_v^{(\lambda)} \varphi_{hv}^{(\lambda)}(i), i = \overline{1, I}. \tag{1}$$

Элементы разложения (1) определяются следующими рекуррентными соотношениями:

$$V_v^{(\lambda)} = X_\lambda(v) - M[X_\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{\Pi} V_\mu^{(j)} \varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v) - \sum_{j=1}^{k-1} V_v^{(j)} \varphi_{\lambda v}^{(j)}(v), v = \overline{1, I}; \tag{2}$$

$$D_\lambda(v) = M\left[\{V_v^{(\lambda)}\}^2\right] = M\left[\{X_\lambda(v)\}^2\right] - M^2[X_\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{\Pi} D_j(\mu) \{\varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{k-1} D_j(v) \{\varphi_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, v = \overline{1, I}; \tag{3}$$

$$\begin{aligned} \varphi_{hv}^{(\lambda)}(i) &= \frac{M[V_v^{(\lambda)}(X_h(i) - M[X_h(i)])]}{M\left[\{V_v^{(\lambda)}\}^2\right]} = \\ &= \frac{1}{D_\lambda(v)} (M[X_\lambda(v)X_h(i)] - \\ &- M[X_\lambda(v)]M[X_h(i)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{\Pi} D_j(\mu) \varphi_{\lambda\mu}^{(j)}(v) \varphi_{h\mu}^{(j)}(i) - \\ &- \sum_{j=1}^{k-1} D_j(v) \varphi_{\lambda v}^{(j)}(v) \varphi_{hv}^{(j)}(i)), \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, i}. \end{aligned} \tag{4}$$

Алгоритм прогноза с использованием канонического разложения (1) имеет вид [4]

$$m_h^{(\mu, l)}(i) = \begin{cases} M[X_h(i)], \mu = 0; \\ m_h^{(\mu, l-1)}(i) + (x_h(\mu) - m_h^{(\mu, l-1)}(1, \mu)) \varphi_{h\mu}^{(l)}(i), l \neq 1, \\ m_h^{(\mu, H)}(i) + (x_h(\mu) - m_h^{(\mu, l-1, H)}(\mu)) \varphi_{h\mu}^{(l)}(i), l = 1. \end{cases} \tag{5}$$

$m_h^{(\mu, l)}(i) = M[X_h(i) / x_\lambda(v), \lambda = \overline{1, N}, v = \overline{1, \mu-1}; x_j(\mu), j = \overline{1, I}]$ - оптимальная по критерию минимума среднего квадрата погрешности прогноза оценка будущих значений исследуемого процесса.

Единственным недостатком алгоритма (5) в рамках постановки задачи является то, что данное решение, также как и каноническое разложение, положенное в его основу, использует для прогноза только авто- и взаимокорреляционные функции.

Увеличение объема априорной информации о исследуемом процессе в алгоритме прогноза возможно путем использования соответствующего нелинейного разложения [5]:

$$X_h(i) = M[X_h(i)] + \sum_{v=1}^i \sum_{m=1}^{h-1} \sum_{\lambda=1}^{N-1} W_{vl}^{(\lambda)} \beta_{ik}^{(h, \lambda)}(v, i), i = \overline{1, I}, \tag{6}$$

$$\begin{aligned} W_{vl}^{(\lambda)} &= X_l^v(v) - M[X_l^v(v)] - \\ &- \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{m=1}^{\Pi} \sum_{j=1}^{N-1} W_{\mu m}^{(j)} \beta_{mj}^{(l, \lambda)}(\mu, v) - \sum_{m=1}^{l-1} \sum_{j=1}^{N-1} W_{vm}^{(j)} \beta_{mj}^{(l, \lambda)}(v, v) - \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} &- \sum_{j=1}^{k-1} W_{vl}^{(j)} \beta_{lj}^{(l, \lambda)}(v, v), v = \overline{1, I}; \\ D_{l, \lambda}(v) &= M\{W_{vl}^{(\lambda)}\} = M[X_l^{2\lambda}(v)] - \\ &- M^2[X_l^\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{m=1}^{\Pi} \sum_{j=1}^{N-1} D_{mj}(v) \{\beta_{mj}^{(l, \lambda)}(\mu, v)\}^2 - \\ &- \sum_{m=1}^{l-1} \sum_{j=1}^{N-1} D_{mj}(v) \{\beta_{mj}^{(l, \lambda)}(v, v)\}^2 - \sum_{j=1}^{k-1} D_{lj}(v) \{\beta_{lj}^{(l, \lambda)}(v, v)\}^2, v = \overline{1, I}; \end{aligned} \tag{8}$$

$$\beta_{ik}^{(h, s)}(v, i) = \frac{M\{W_{vl}^{(\lambda)}(X_h^s(i) - M[X_h^s(i)])\}}{M\left[\{W_{vl}^{(\lambda)}\}^2\right]} =$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{D_{l, \lambda}(v)} (M[X_l^\lambda(v)X_h^s(i)] - \\ &- M[X_l^\lambda(v)]M[X_h^s(i)] - \\ &- \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{m=1}^{\Pi} \sum_{j=1}^{N-1} D_{mj}(\mu) \beta_{mj}^{(l, \lambda)}(\mu, v) \beta_{mj}^{(h, s)}(\mu, i) - \\ &- \sum_{m=1}^{l-1} \sum_{j=1}^{N-1} D_{mj}(v) \beta_{mj}^{(l, \lambda)}(v, v) \beta_{mj}^{(h, s)}(v, i) - \\ &- \sum_{j=1}^{k-1} D_{lj}(v) \beta_{lj}^{(l, \lambda)}(v, v) \beta_{lj}^{(h, s)}(v, i)), \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, i}. \end{aligned} \tag{9}$$

Коэффициенты $W_{vl}^{(\lambda)}, v = \overline{1, I}$ содержат информацию о соответствующих значениях $X_l^\lambda(v)$, а координатные функции $\beta_{ik}^{(h, s)}(v, i)$ описывают вероятностные связи порядка $\lambda + s$ между составляющими $X_l(t)$ и $X_h(t)$ в моменты времени t_v и t_i .

Алгоритм прогноза на базе канонического разложения (6) по аналогии с (5) принимает следующую форму записи

$$m_{k,h}^{(\mu,l)}(s,i) = \begin{cases} M[X_h(i)], \mu = 0; \\ m_h^{(\mu,l-1)}(s,i) + (x_k^l(\mu) - m_{k,k}^{(\mu,l-1)}(1,\mu))\beta_{k,l}^{(h,s)}(\mu,i), l < N-1, k < H; \\ m_{k,h}^{(\mu,N-1)}(s,i) + (x_{k+1}(\mu) - m_{k,k+1}^{(\mu,l)}(N-1,\mu))\beta_{k+1,l}^{(h,s)}(\mu,i), l = N-1, k < H; \\ m_{l,l,h}^{(\mu,N-1)}(s,i) + (x_l(\mu+1) - m_{l,l}^{(\mu,N-1)}(N-1,\mu+1))\beta_{l,l}^{(h,s)}(\mu+1,i), l = N-1, k = H. \end{cases} \quad (10)$$

$$m_{k,h}^{(\mu,l)}(1,i) = M[X_h(i) / x_\lambda^j(v), \lambda = \overline{1, H}, j = \overline{1, N-1}, v = \overline{1, \mu-1};$$

$$x_\lambda^j(\mu), \lambda = \overline{1, k}, j = \overline{1, l}]$$

- оптимальная в среднеквадратическом смысле оценка будущих значений исследуемого случайного процесса при условии, что для прогноза применяется апостериорная информация $x_\lambda^j(v), \lambda = \overline{1, H}, j = \overline{1, N-1}, v = \overline{1, \mu-1}; x_\lambda^j(\mu), \lambda = \overline{1, k}, j = \overline{1, l}$.

В случае отсутствия взаимной стохастической связи между составляющими векторного случайного процесса прогнозирование выполняется для каждой составляющей отдельно и алгоритм экстраполяции упрощается к виду [6]

$$m_x^{(\mu,l)}(h,i) = \begin{cases} M[X_h(i)], \mu = 0; \\ m_x^{(\mu,l-1)}(h,i) + (x^h(\mu) - m_x^{(\mu,l-1)}(1,\mu))\phi_{h\mu}^{(1)}(i), l \neq 1, \\ m_x^{(\mu,N-1)}(h,i) + (x^h(\mu) - m_x^{(\mu,N-1)}(1,\mu))\phi_{h\mu}^{(1)}(i), l = 1; \end{cases} \quad (11)$$

$$\beta_{\lambda v}^{(k)}(i) = \frac{1}{D_\lambda(v)} (M[X^\lambda(v)X^h(i)] - M[X^\lambda(v)]M[X^h(i)] - \sum_{j=1}^{v-1} \sum_{l=1}^{N-1} D_j(\mu)\beta_{\lambda\mu}^{(j)}(v)\beta_{l\mu}^{(j)}(i) - \sum_{j=1}^{k-1} D_j(v)\beta_{\lambda v}^{(j)}(v)\beta_{jv}^{(j)}(i), \lambda = \overline{1, h}, v = \overline{1, i}; \quad (12)$$

$$D_\lambda(v) = M[X^{2\lambda}(v)] - M^2[X^\lambda(v)] - \sum_{\mu=1}^{v-1} \sum_{j=1}^{N-1} D_j(\mu)\{\beta_{\lambda\mu}^{(j)}(v)\}^2 - \sum_{j=1}^{k-1} D_j(v)\{\beta_{\lambda v}^{(j)}(v)\}^2, v = \overline{1, l}. \quad (13)$$

Таким образом, получен алгоритм экстраполяции векторного случайного процесса с учетом нелинейных полиномиальных связей, который также как и каноническое разложение, положенное в его основу не накладывает никаких существенных ограничений на класс прогнозируемых случайных процессов (марковость, линейность, стационарность, скалярность и т.д.).

Литература

1. Кудрицкий В.Д. Прогнозирование надежности радиоэлектронных устройств.-К.:Техніка, 1982.- 168 с.
2. Пугачев В.С. Теория случайных функций и ее применение.-М.:Физматгиз,1962.-720с.
3. Атаманюк І.П. Лінійний канонічний розклад векторного випадкового процесу з повним урахуванням взаємкореляційних зв'язків для кожної складової. //Вісник ЖІТІ. - 1998. - №8. - С. 119-121. Технічні науки.
4. Атаманюк І.П. Алгоритм оптимальної лінійної екстраполяції реалізації зашумованого векторного випадкового процесу з повним урахуванням взаємкореляційних зв'язків для кожної складової. //Ресурсы, зберігання та обробка даних. - 2000. - №4 (12). - С. 12-17.
5. Векторное полиномиальное каноническое разложение случайного процесса. //Техническая диагностика и неразрушающий контроль. - 2003. - №1. С. 40-43.
6. Атаманюк І.П. Поліноміальний алгоритм оптимальної екстраполяції параметрів стохастических систем. //Управляющие системы и машины. - 2002. - №1. - С. 16-19.