# Функциониране на информационните системи на основата на многократни процеси

Костадин Костадинов

***Information Systems Functioning the Based on Multi-stage Processes:*** *Here are considered multi-stage process, the dynamics of which each step is described by linear differential equations depending on the situation occurring in front of the stage. Shown that order properties of all processes are fully determined by similar properties of each unit.*

***Key words.*** *multi-stage process, dynamics*

## ВЪВЕДЕНИЕ

Информационните системи работещи на основана на многократни процеси използват метод за формирането на всяко състояние на информацията в тях да зависи от комплексното влияние на външните управляващи въздействия и състоянията, реализиращи се на предишен етап [1,2]. Този метод широко се използва при моделиране на много технологически процеси свързани с последователност при формирането на крайният продукт [3,4]. Ако броя на процесите е зададен предварително, то всеки такъв процес може да се представи като управление на обикновена динамична система, обикновено дискретна или непрекъсната. При това параметрите на системата притежават значителен размер, което води към алгоритмични трудности при нейното задаване [5]. Затова се препоръчва анализа на такъв тип големи системи да се основава на последователно описване на отделните им звена в предложена архитектура.

Ето защо като важни проблеми произтичащи от това се очертават влиянието на многократните процеси при обработка на информацията в определено параметрично пространство и качествата - устойчивост, управляемост и стабилизиране при функциониране на информационните системи [6,7]. Интерес представлява също - взаимодействието между отделните елементи от системата при преминаването и в различни състояния породени от обработката на информацията в тях [10].

**1.Описание на модел за функциониране на информационна система.** Нека е дадена система за обработка на информацията $Sis_{inf}^{k}$, функционираща в реално пространство $Sp_{inf}^{k}$ с размерност $M_{inf}^{k}$ и време $T_{sis}^{fun}$. Да предположим, че за кой да е интервал от време $k_{temps}^{f}$, където $k_{temps}^{f} = [t_0, t_1] \in T_{sis}^{fun}$ съществува оператор на промяната $KN(X_{sust}^{k})$ задаващ състоянието на системата $X_{sust}^{k}$ в следващ момент от функционирането на системата. Той позволява всяко едно състояние $X_{sust}^{k}$ на информацията в $Sis_{inf}^{n}$ изразено с $KN(X_{sust}^{k}) = KN(X_0, X_1, X_2 ... X_k)$, да се представи в матричен вид - $A_j(t)$ и $D_j(t)$- $i = 1,2,3...n$ $j = 1,2,3...m$, където $A_j(t)$ е матрица на състоянието в момент $t_0$, а $D_j(t)$ състоянието на системата във време $t_1$. Тогава промяната $KN(X_{sust}^{k})$ на състоянието на системата $X_{sust}^{k}$ във всеки момент от време $t \in T_{sis}^{fun}$ може да се опише с диференциалното уравнение от вида:

$$\frac{d}{d(X_{sust}^{k}, t)} KN(X_{sust}^{k}, t) = A(t) KN(X_{sust}^{k}, t_0) + D(t)(X_{sust}^{k}, t_1) \qquad (1.1)$$

Чието решение при отчитането на момента $t \in T_{sis}^{fun}$ и след незначителни преобразования е:

$$KN(X^k_{sust}) = e^{A(t)X^k_{sust}} - \frac{D(t)(1 + A(t)X^k_{sust})}{A(t)^2} \qquad KN(X) = _C1\, e^{(A+D)X} \tag{1.2}$$

Видно е, че оператора на промяната $KN(X^k_{sust})$ (1.2) притежава експоненциален характер. И още – ако изразим координатите на всяко състояние $X_{sust}$ в пространството за функциониране на системата $Sp^k_{inf}$, то може да се формира функция от вида $X^k_{sust}(t) = (X_0(t), X_1(t),..., X_k(t))$, която в зависимост от информационният поток, може да бъде непрекъсната или частично - непрекъсната. Освен това, при функционирането на $Sis^k_{inf}$ всяко нейно последващо състояние $X_{sust}$ се формира освен от постъпващата информация в системата предвидена за обработка, а също така и от управляващите входни въздействия. За целта в (1.1) управляващите (входни) въздействия в пространството $Sp^k_{inf}$ се задават с $Y_1(t), Y_2(t),..., Y_k(t)$. Тогава функцията на управляващите въздействия може да се запише като $B_k(t)(Y_1(t), Y_2(t),... Y_k(t))$, където $B_k(t)$ е матрица на входните въздействия.

С отчитането на горното, влиянието на частично-непрекъснатите входни управляващи въздействия $(Y_k(t))$ на информационният процес, чрез оператор на промяната $KN(X^k_{sust})$ на състоянието $X_{sust}$ в $Sis^k_{inf}$ може да се опише със съотношението:

$$\frac{d}{d(X^k_{sust}, t)} KN(X^k_{sust}, t) = A(t)KN(X^k_{sust}, t) + D(t)(X^k_{sust}, t) + B(t)Y_k(t) \tag{1.3.}$$

Където решението на уравнението (1.3) е представено във вида:

$$KN(X^k_{sust}) = -\frac{D(t)}{A(t)^2} - \frac{B(t)Y_k}{A(t)} - \frac{D(t)X^k_{sust}}{A(t)} + e^{A(t)X^k_{sust}}C \quad KN(X) = -\frac{B\,Y}{A + D} + _C1\, e^{(A+D)X} \tag{1.4.}$$

След незначителни преобразования получаваме

$$KN(X^k_{sust}) = \frac{-D(t) - A(t)B(t)Y_k - D(t)X^k_{sust}A(t) + e^{A(t)X^k_{sust}}CA(t)^2}{A(t)^2} \tag{1.5.}$$

Виждаме, че (1.3.) може да интерпретираме, като съединение на последователни звена изграждащи информационната система $Sis^k_{inf}$. На входа на всяко от тях се подава, както управляващо въздействие $(Y_k(t))$ така и входна променлива $x_{j-1}(t)$ формирана от обработената информация на предшестващото звено $j$. При това звената $j_1, j_2,....j_n$, изграждащи информационната система формират различна размерност на променливите $x_{j-1}(t)$. В този случай динамиката на информационният поток, при отчитането на размерността $x_{j-1}(t)$ позволява адаптацията на архитектурата в звената $j_1, j_2,....j_n$ на системата, което е отчетено в (1.3). Допълнително, за всяко звено $j_1, j_2,....j_n$ може да се формира уникален оператор на промяната $KN(X^k_{sust})$, което позволява информационната система $Sis^k_{inf}$ да се отнесе към клас обекти с изменяща се структура [2,4]. Освен това $KN(X^k_{sust})$ в (1.3) може да се разглежда като многоетапен информационен процес, в който, всяко състояние $X_{sust}$ на определено звено, зависи не само от началните значения на $(Y_k(t))$, но и от начина, зависимостта за формиране на функцията за подаване на $x_{j-1}(t)$, реализиращо се на предишен етап в звената $j_1, j_2,....j_n$. За

целта може да се определи функция $x_0(t)$, която задава едно от началните условия в звената $j_1, j_2, ....j_n$.

Такива подобни модели за работа на $Sis_{inf}^k$, са частично реализирани при поточна обработка на информацията в космическата техника, химическите технологии, транспортните потоци и др. При тях интерес представлява устойчивостта, управляемостта и стабилизацията на функционирането на информационна система. Ето защо, целта на настоящата работа е да дефинира условията на границите на отклоненията при функциониране на $Sis_{inf}^n$, нейната устойчивост и управляемост чрез уравнение (1.3). За целта се приема, че звената $j_1, j_2, ....j_n$ притежават аналогични свойства, когато връзките между тях отсъстват, т.е. когато $D_j(t) \equiv 0 \quad (j = 1,2,..., k)$.

**2. Граници на отклоненията при функциониране на системата**. Да предположим, че интервалът от време $k_{temps}^f$, където $k_{temps}^f \in T_{sis}^{fun}$ е дефиниран, чрез продължителността $k_{temps}^f = [t_0, t_1] \in T_{sis}^{fun}$ при $k_{temps}^f >> t$. Тогава при ограничени входни въздействия $x_{j-1}(t)$ в звената $j_1, j_2, ....j_n$ на системата задавани, чрез стойностите в матриците $A_j(t), D_j(t), B_j(t) \le G, L$ в (1.3.) съществуват ограничения (редовете $G$ и стълбовете $L$ в матрицата) от стойности $G, L$, а също и от времето за функционирането $T_{sis}^{fun}$. Тогава е валидно следното твърдение.

**Твърдение 1**. Ако всяко уравнение задаващо функционирането на информационна система от вида:

$$\frac{d}{d(X_{sust}^k, t)} KN(X_{sust}^k, t) = A(t) KN(X_{sust}^k, t) \tag{2.1}$$

е експоненциално устойчиво, то всяко решение $KN(X_{sust}^k)$ на уравнение (1.3.) е ограничено, тогава и само тогава, когато са ограничени функциите на управляващо въздействие $(Y_k(t))$.

**Доказателство.1.** Нека да решим (2.1). Тогава относно $KN(X_{sust}^k)$ получаваме - $KN(X_{sust}^k) = e^{A(t)X_{sust}^k} C$, от което е видно, че то притежава експоненциална зависимост. В този случай устойчивостта при функционирането само на едно звено $j$ в $Sis_{inf}^n$ се приема тогава, когато ограничените входни въздействия върху него - $\lim_{x \to \infty} x_{j-1}(t) \le G$ и управляващо въздействие $\lim_{x \to \infty}(Y_k(t)) \le L$ са предварително определени със стойности $G$ и $L$. В този случай за всяко решение е валидно неравенството $KN(X_{sust}^k) \le G, L$, както и състоянието $X_{sust} \le G, L$. Заместваме стойността на $KN(X_{sust}^k) \le G, L$ в (1.5) и получаваме $KN(X_{sust}^k) = e^{A(t)X_{sust}^k} C$, което по същество е аналогично на решението на (2.1). По метода на математическа индукция твърдението е доказано т.е. $e^{A(t)X_{sust}^k} C$ от (1.3.) е равно на $e^{A(t)X_{sust}^k} C$ от (2.1) – т.е. тъждество.

Ако функцията $\frac{d}{d(X_{sust}^k, t)} KN(X_{sust}^k, t)$ в (2.1) се отнася само за едно звено от $Sis_{inf}^n$ или системата е от едно звено, то съществуват граници от стойности $G, L$ и то така, че за състоянието на всяко нейно състояние $X_{sust}$ да се изпълнява $X_{sust} \le G, L$. В този смисъл системата работи ограничено т.е. $Sis_{inf}^n \le G, L$. И още – изпълнява ли

се условието $Sis_{inf}^{n} \le G,L$, то автоматически се задават ограничените входни въздействия $\lim_{x\to\infty} x_{j-1}(t) \le G$ и управляващото въздействие $\lim_{x\to\infty}(Y_k(t)) \le L$. Следователно при многократните процеси за обработка на информацията в звената $j_1, j_2,....j_n$ на $Sis_{inf}^{n}$ ограниченията $G,L$ могат да се променят, както на всеки етап, така и във всяко звено от системата.

**3. Експоненциална устойчивост при функциониране на системата**. Нека матриците $A_j(t), D_j(t) \le G,L$ са ограничени при $k_{temps}^{f} \in T_{sis}^{fun}$, а входните въздействия са нулеви, $x_{j-1}(t) = 0$ и са зададени с уравнение (1.1). Ще кажем, че то е експоненциално устойчиво, ако за коя да е функция $x_0(t)$, удовлетворяващо неравенството изпълнява $X_{sust} \le G,L$ ,а всяко решение, $KN(X_{sust}^{k}) = e^{A(t)X_{sust}^{k}} - \frac{D(t)(1+A(t)X_{sust}^{k})}{A(t)^2}$ се подчиняват на условието $KN(X_{sust}^{k}) = e^{A(t)G,L} - \frac{G,L(1+G,L)}{(G,L)^2}$. Тогава $KN(X_{sust}^{k}) \le G,L$ е експоненциално устойчиво, при функциониране на системата зададена с уравнения (1.1) - (1.5). При това изменението на потока от информация в $Sis_{inf}^{n}$ задължително налага прилагането на експоненциална устойчивост при функциониране на звената $j_1, j_2,....j_n$.

**4. Управляемост на информационната система, чрез началните условия** $x_0(t)$. Началните условия $x_0(t)$ при функциониране на системата предполагат решението $KN(X_{sust}^{k}) = e^{A(t)X_{sust}^{k}} C$ да е произволно. Тогава казваме, че уравнение (1.3) е управляемо за период от време $[t_0, t_1] \in T_{sis}^{fun}$, ако за $j_1, j_2,....j_n$ се задават такива начални условия $x_0(t)$, които осигуряват изпълнение на условието $X_{sust} \le G,L$. В тази връзка възникват ситуации, когато е необходимо да се управляват само някои звена $j_1, j_2,....j_n$ от информационната система така, че да се изпълнява $X_{sust} \le G,L$. Управляемостта на състоянията $KN(X_0, X_1, X_2...X_k)$ в този случай, изразена в (1.3.) за време $[t_0, t_1] \in T_{sis}^{fun}$ се реализира, ако за всеки вектор съществува входно въздействие $x_{j-1}(t)$, което осигурява равенството на начални условия $x_0(t_0)$ за тези няколко $j_1, j_2,....j_n$. Последното се постига тогава и само тогава, когато матрица $D_l(t)$ система (1.3) е тъждествено равна на нула. В този случай решението в (1.5.) се получава $KN(X_{sust}^{k}) = \frac{B(t)Y_k + e^{A(t)X_{sust}^{k}} CA(t)}{A(t)}$, при което начални условия $x_0(t)$ и управляващо въздействие $(Y_k(t))$ косвено дефинират всяко състояние $X_{sust}$ на $Sis_{inf}^{n}$.

**5. Апробация за функциониране на информационна система работеща чрез многократни процеси.** Нека е дадена информационна система $Sis_{inf}^{n}$, която има звена $j_n = 10бр.$ от компютърни системи разположени последователно. Нека интервалът от време е $[t_0, t_1] = 10s$ за преминаване на системата в две последователни от състояние $X_{sust} \le G,L$; стойностите на $G,L$ по време са $G = 10\ s, L = 0{,}03\ s$. Нека също работещите $j_1, j_2,....j_n$ от системата са подредени така, че информацията от единият $In_j(t)$ се предава на следващият в момент

$t \in T_{sis}^{fun}$. Да предположим, че всеки компютър от информационната система адаптира своята скорост за обработка на информацията $In_j(t)$ към скоростта $In_{j-1}(t)$ предният за $t = 0.011\ s$, подреден в архитектурата на системата. Тогава, изменението на величина $In_j(t)$ по (1.3.) приемайки, че потока от информация в компютърните системи е непрекъснат се обработва в съответствие с (1.5.) в многоетапен режим. При това функцията $x_0(t_0)$ на всеки компютър е известна. Тя се определя от някаква предварително зададена програмна скорост за обработка на информацията, към която се адаптира първото звено от системата т.е. първият компютър.

Така както, всяко състояние $X_{sust} \le G, L$ е експоненциално устойчиво съгласно (1) то $0.31 \le KN(X_{sust}^k) \le 0.72$ за интервал $\lfloor 7.12 - 9.99\ s \rfloor$, следователно по $\lim_{x\to\infty} x_{j-1}(t) \le G = 10\ s$ и управляващо въздействие $\lim_{x\to\infty}(Y_k(t)) \le L = 0.2\ s$, то скоростта за обработката на информацията е ограничена т.е. $A_j(t), D_j(t) \le G, L$. Получава се, че реалното функциониране на системата е практически издържано, когато началните условия $In_0(t)$ в $Sis_{inf}^n$ експоненциално се увеличават във всеки следващ етап от нейното функциониране.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Функционирането на системите за обработка на информацията задължително трябва да притежават качествата на експоненциална устойчивост, управляемост и стабилност за многократни процеси. За целта всеки оператор на промяната в състоянието на информацията в системата трябва да отчита тези качества на всеки етап чрез използване на управляващи въздействия и информация от предходни елементи подредени в архитектурата на системата.

**ЛИТЕРАТУРА**

[1] Алферова З. В., Теория алгоритмов, Москва, 1973.
[2] Гельфанд И. М., Шилов Г. Е., Пространства основных и обобщенных функций, Москва, 1958.
[3] Гоппа В.Д., Введение в алгебраическую теорию информации, М., Наука. Физматлит, 1995.—112 с.
[4] Месарович М., Мако Д., Такахара И., Теория иерархических многоуроневых систем, Москва, Мир, 1973.
[5] Мелик-Гайказян И.В., Мелик-Гайказян М.В., Тарасенко В.Ф., Методология моделирования нелинейной динамики сложных систем. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. - 272 с.
[6] Первозванский А.А., Курс теории автоматического управления, М: Наука, 1988.
[7] Растригин Л. А., Адаптация сложных систем. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.
[8] Смолянинов В. В., Математические модели биологических тканей, М.: Наука, 1980. 368 с.
[9] Флейшман Б. С., Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. М., Изд-во «Советское радио», 1981, 224 стр.
[10] Холодниок М., Клич А., Кубичек М., Методы анализа нелинейных математических моделей, М: Мир, 1991.
[11] Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков, АиТ. 2003. № 11.

**За контакти:**

Доц. д.т.н. Костадин Костадинов, Катедра “ОУТПСВ”, НВУ “Васил Левски”, тел.: 062-63 08 34, e-mail: koce_knk@abv.bg.

**Докладът е рецензиран.**