

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «ХПИ»

Сборник научных трудов
Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии» **26'2008**

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ»
в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2.07.2001 г.

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Зам. председателя

А.П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Е.И. СОКОЛ, д-р техн. наук, проф.

Секретарь координационного совета

К.А. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц.

Е.Е. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.

М.Д. ГОДЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

А.И. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

В.Г. ДАНЫКО, д-р техн. наук, проф.

В.Д. ДМИТРИЕНКО, д-р техн. наук, проф.

П.А. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.

А.Ф. КИРИЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

В.Б. КЛЕПИКОВ, д-р техн. наук, проф.

В.И. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

В.А. ЛОЗОВОЙ, д-р техн. наук, проф.

А.К. МОРАЧКОВСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

П.Г. ПЕРЕРВА, д-р техн. наук, проф.

Н.И. ПОГОРЕЛОВ, д-р техн. наук, проф.

М.И. РЫЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.

В.Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.

В.П. СЕБКО, д-р техн. наук, проф.

В.И. ТАРАН, д-р физ.-мат. наук, проф.

Ю.В. ТИМОФЕЕВ, д-р техн. наук, проф.

А.Ф. ШЕХОВЦОВ, д-р техн. наук, проф.

Е.И. ЮНОСОВА, д-р фил. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор

М.Д. ГОДЛЕВСКИЙ, д-р техн. наук, проф.

Зам. ответственного редактора

А.С. КУЦЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Ответственный секретарь

Н.И. БЕЗМЕНОВ, канд. техн. наук, доц.

Е.Е. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.

І.П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, проф.

В.Д. ДМИТРИЕНКО, д-р техн. наук, проф.

О.Є. ЄФІМОВ, д-р техн. наук, проф.

И.В. КОНОНЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Л.М. ЛЮБЧИК, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. РАСКИН, д-р техн. наук, проф.

Н.В. ШАРОНОВА, д-р техн. наук, проф.

М.А. ЯСТРЕБЕНЕЦКИЙ, д-р техн. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21

Кафедры «Автоматизированные
системы управления» и «Системный
анализ и управление»

Тел. (057) 707-65-20,

(057) 707-61-03

УДК 681.5+519.7+519.8+004

Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск
«Системный анализ, управление и информационные технологии». – Харьков:
НТУ «ХПИ». – 2008. – № 26. – 204 с.

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, студентами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, студентами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов.

**Друкується за рішенням Вченої ради НТУ «ХПИ»,
протокол № 7 від 04.07.2008 р.**

Л. М. ЛЮБЧИК, д-р техн. наук, *О. В. КОСТЮК*, канд. техн. наук,
М. Д. МАХФУЗ, аспирант НТУ «ХПИ»

ЛОКАЛЬНО-ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДИСКРЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПРИ НАЛИЧИИ НЕИЗМЕРЯЕМЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Розглядається задача локально-оптимального керування дискретними системами з запізненням в умовах збурень, що не вимірюються. За допомогою методу внутрішніх моделей синтезується спостерігач збурень. Доведено, що за умов структурної невиродженості можлива побудова розв'язуючого динамічного компенсатора.

Рассматривается задача локально-оптимального управления дискретными системами с запаздыванием при наличии неизмеряемых возмущений. На основе метода внутренних моделей синтезируется наблюдатель возмущений. Показано, что при выполнении условий структурной невырожденности возможно построение развязывающего динамического компенсатора.

The problem of local optimal control of discrete time-delay systems with immeasurable disturbance is considered. Using internal model method, disturbance observer was designed. It was shown, that if the structural nonsingularity conditions takes place, the decoupling compensator design problem is solved.

Введение. Задача управления выходом, под которой понимается обеспечение слежения выходными регулируемым переменными объекта за известным задающим воздействием при одновременной компенсации возмущающих воздействий, является одной из центральных в современной теории управления. Рассматриваемая задача тесно связана с теорией инвариантности [1] и теорией управления в условиях неопределенности [2], однако распространение известных подходов на многомерные системы с неизмеряемыми возмущениями связано с определенными трудностями. В последнее время в теории и практике управления в условиях неопределенности большое распространения получили методы, основанные на использовании регуляторов с внутренними динамическими моделями [3].

Анализ состояния проблемы. Существуют два основных подхода к решению рассматриваемой задачи. Первый, а именно, методы ослабления возмущения, использует имеющуюся априорную информацию о возмущении в статистическом или детерминированном виде. Здесь решение синтезируется в классе структур управления с обратной связью и формализуется как оптимизационная задача с дополнительным требованием внутренней устойчивости синтезируемого регулятора. На практике используют показатели качества в виде нормы передаточной функции замкнутой системы, соответствующие решения могут быть получены с использованием H_2 или H_∞ методов оптимального управления. Необходимо подчеркнуть, что системы, оптимальные по отношению к классу возмущений, обычно не

обеспечивают высокой точности для всех реализаций возмущений. Наиболее сложным случаем является ситуация, когда спектры опорного сигнала и возмущений существенно перекрываются.

Второй подход основывается на использовании текущей информации о возмущениях, полученной посредством прямых или косвенных измерений, что является обобщением комбинированного метода управления и управления с прогнозирующими моделями [3]. Здесь динамические модели используются как для оценивания возмущения при помощи косвенных измерений, и для предсказания и компенсации, с целью обеспечения селективно-инвариантных свойств замкнутой системы. Целью настоящей работы является распространение указанного подхода на многомерные системы с запаздыванием.

Постановка задачи. Рассмотрим объект управления в виде линейной дискретной системы, описываемой моделью в переменных состояния

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= Ax_k + B_1 u_k + B_2 w_k, & y_k^1 &= C_1 x_k + D_{11} u_k + D_{12} w_k, \\ y_k^2 &= C_2 x_k + D_{21} u_k + D_{22} w_k, \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_k \in \mathbf{R}^n$ - вектор состояний системы в момент времени k ,

$u_k \in \mathbf{R}^{m_1}$ - вектор управляющих воздействий,

$w_k \in \mathbf{R}^{m_2}$ - вектор неизмеряемых возмущений,

$y_k^1 \in \mathbf{R}^{q_1}$, $y_k^2 \in \mathbf{R}^{q_2}$ - векторы управляемых и измеряемых переменных соответственно.

Далее будем считать, что выполнены условия $q_1 = m_1$, $q_2 \geq m_2$.

Введем в рассмотрение матричные параметры Маркова для системы (1):

$$S_{ij}(\gamma) \Big|_{\gamma=0} = D_{ij}, \quad S_{ij}(\gamma) \Big|_{\gamma>0} = C_i A^{\gamma-1} B_j, \quad 0 \leq \gamma \leq n. \quad (2)$$

Обозначим через γ_{ij} относительный порядок соответствующего канала объекта управления, т.е. минимальное целое число $0 \leq \gamma_{ij} \leq n$, такое, что $S_{ij}(\gamma_{ij}) \neq 0$. Величины γ_{ij} определяют запаздывания по соответствующим каналам. Задача управления выходом системы (1) состоит в нахождении последовательности управлений $\{u_k\}$, обеспечивающей слежение за задающим воздействием u_k^* , которое предполагается заранее известным, с одновременной компенсацией влияния неизвестного возмущения w_k .

Косвенное измерение возмущений с использованием внутренних динамических моделей. Идея косвенного измерения возмущения w_k на основе внутренней динамической модели [4] заключается в его оценивании

на основе использования невязки $\tilde{\varepsilon}_k$, представляющей собой разность измеряемых выходных переменных y_k^2 объекта и выходных переменных \tilde{y}_k внутренней динамической модели объекта управления. Введем в рассмотрение внутреннюю динамическую модель объекта с коррекцией по оценке сигнала возмущения в виде:

$$\tilde{x}_{k+1} = A\tilde{x}_k + B_1 u_k + B_2 \hat{w}_k, \quad \tilde{y}_k = C_2 \tilde{x}_k + D_{21} u_k, \quad (3)$$

где оценка возмущения \hat{w}_k определяется выражением вида

$$\hat{w}_k = S_{22}^+(\gamma) \left[y_{k+\gamma}^2 - C_2 A^\gamma \tilde{x}_k - \sum_{i=0}^{\gamma} S_{21}(i) u_{k+\gamma-i} \right], \quad (4)$$

при $\gamma = \gamma_{22}$. С учетом (4) получим уравнения скорректированной модели:

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{k+1} = & (A - B_2 S_{22}^+(\gamma) C_2 A^\gamma) \tilde{x}_k + \left(B_1 u_k - B_2 S_{22}^+(\gamma) \sum_{i=0}^{\gamma} S_{21}(i) u_{k+\gamma-i} \right) + \\ & + B_2 S_{22}^+(\gamma) y_{k+\gamma}^2, \quad \tilde{y}_k = C_2 \tilde{x}_k + D_{21} u_k. \end{aligned} \quad (5)$$

Таким образом, уравнения (4), (5) представляют, фактически, алгоритм оценивания (наблюдатель) возмущения по косвенным измерениям. Очевидно, что выполнение требования физической реализуемости наблюдателя при наличии запаздывания в канале измерений приводит к формированию оценок возмущения и состояния с задержкой в $\gamma = \gamma_{22}$ шагов.

Построение законов управления, компенсирующего косвенно измеряемые возмущения. Для синтеза закона управления воспользуемся методом локально-оптимального управления [5]. При этом управляющее воздействие u_k с учетом запаздывания будем искать из условия минимизации регуляризованного функционала качества:

$$J_k = \left\| y_{k+\gamma_{11}}^* - y_{k+\gamma_{11}}^1 \right\|^2 + \alpha \|u_k\|^2 \rightarrow \min, \quad (6)$$

где параметр регуляризации α можно трактовать как весовой коэффициент, ограничивающий амплитуду управления. Тогда закон управления имеет вид:

$$u_k^* = G(\alpha) \left[y_{k+\gamma_{11}}^* - C_1 A^{\gamma_{11}} x_k - \sum_{i=0}^{\gamma_{11}} S_{12}(i) w_{k+\gamma_{11}-i} \right], \quad (7)$$

где $G(\alpha) = (I_{m_1} \alpha + S_{11}^T(\gamma_{11}) S_{11}(\gamma_{11}))^{-1} S_{11}^T(\gamma_{11})$.

Как видно из (7), для реализации полученного управляющего воздействия требуется прогноз возмущения на γ_{11} шагов, который можно получить, используя априорную модель возмущения вида $w_{k+i} = \Delta^i w_k$.

Поскольку вектор состояний и вектор возмущений недоступны непосредственному измерению, закон управления примем в виде

$$u_k^* = G(\alpha) \left[y_{k+\gamma_{11}}^* - C_1 A^{\gamma_{11}} x_k - \sum_{i=0}^{\gamma_{11}} S_{12}(i) \Delta^{\gamma_{11}-i} \hat{w}_k \right], \quad (8)$$

где входящие в закон управления оценки возмущения и состояния объекта формируются с помощью наблюдателя (4), (5).

С учетом (8) получим уравнение замкнутой системы

$$x_{k+1} = \Pi_1(\alpha) A x_k + B_1 G(\alpha) y_{k+\gamma_{11}}^* + \left(B_2 - B_1 G(\alpha) \sum_{i=0}^{\gamma_{11}} S_{12}(i) \Delta^{\gamma_{11}-i} \right) \hat{w}_k + A e_k^x + B_2 e_k^w, \quad (9)$$

где матрица $\Pi_1(\alpha) = (I_n - B_1 G(\alpha) C_1 A^{\gamma_{11}-1})$, e_k^x - вектор ошибок оценивания состояния объекта, $e_k^w = -S_{22}^+(\gamma) C_2 A^\gamma e_k^x$ - ошибка оценивания возмущений.

Можно показать [6], что для устойчивых объектов существует граничное значение параметра регуляризации $\alpha = \alpha^*$, при котором замкнутая система с локально-оптимальным регулятором будет устойчива. Уравнения (9) позволяют найти предельно достижимый уровень ошибки регулирования при выполнении условия устойчивости $\alpha > \alpha^*$.

Условия структурной невырожденности системы. Представляет интерес возможность исключения оценок возмущения из уравнений регулятора и наблюдателя и получение и объединения их в общее уравнение развязывающего компенсатора возмущений. Соответствующие условия носят название критерия структурной невырожденности [7]. Используя прогноз оценки возмущения $\hat{w}_k = \Delta^{\gamma_{22}} \hat{w}_{k-\gamma_{22}}$, представим его физически реализуемую оценку следующим образом:

$$\hat{w}_k = \Delta^{\gamma_{22}} S_{22}^+(\gamma_{22}) \left[y_k^2 - C_2 A^{\gamma_{22}} x_{k-\gamma_{22}} - \sum_{i=0}^{\gamma_{22}} S_{21}(i) u_{k-i} \right]. \quad (10)$$

Исключая оценку возмущения из (8), (10), получим:

$$\begin{aligned} u_k^* = & (I_{m_1} - G(\alpha) S(\gamma) D_{21})^{-1} G(\alpha) \times \\ & \times \left[y_{k+\gamma_{11}}^* - C_1 A^{\gamma_{11}} x_k - S(\gamma) \left[y_k^2 - C_2 A^{\gamma_{22}} x_{k-\gamma_{22}} - \sum_{i=1}^{\gamma_{22}} S_{21}(i) u_{k-i} \right] \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где $G(\alpha) = (I_{m_1} \alpha + S_{11}^T(\gamma_{11}) S_{11}(\gamma_{11}))^{-1} S_{11}^T(\gamma_{11})$, $S(\gamma) = \sum_{i=0}^{\gamma_{11}} S_{12}(i) \Delta^{\gamma_{11} + \gamma_{22} - i} S_{22}^+(\gamma_{22})$.

С учетом (11), условиями структурной невырожденности системы (1) при локально-оптимальном управлении (8) являются

$$\text{rank}(I_{m_1} - G(\alpha)S(\gamma)D_{21}) = m_1, \quad \text{rank}(I_{m_1} \alpha + S_{11}^T(\gamma_{11}) S_{11}(\gamma_{11})) = m_1. \quad (12)$$

Таким образом, при выполнении условий (12) возможно получение в явном виде уравнений развязывающего компенсатора (11) в виде многомерной дискретной динамической системы авторегрессионного типа, порядок которой определяется запаздыванием по каналу измерений.

Выводы. В работе обоснована возможность применения метода локально-оптимального прогнозирующего управления в задачах компенсации неизмеряемых возмущений. Применение предложенного метода позволяет получить уравнения развязывающего компенсатора в явном виде и синтезировать физически реализуемый закон управления. Определенным недостатком метода внутренних моделей применительно к задаче оценивания возмущений является то, что структура и параметры наблюдателя возмущений (4), (5) с внутренней моделью полностью определяются уравнениями объекта, вследствие чего наблюдатель может иметь неудовлетворительные динамические свойства. Так, например, для неминимально-фазовых объектов по каналу управления наблюдатель оказывается неустойчивым. В этом случае синтез наблюдателя возмущения с заданными динамическими свойствами возможен на основе применения теории инвариантных наблюдателей и обратных динамических моделей [8].

Таким образом, метод локально-оптимального управления в сочетании с методом внутренних моделей обеспечивает возможность решения задачи управления выходом динамической системы с запаздыванием.

Список литературы: 1. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы. - М.: Машиностроение, 1982. - 504 с. 2. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. - М.: Наука. Физматлит, 1997. - 352 с. 3. Костенко Ю.Т., Любчик Л.М. Системы управления с динамическими моделями. - Харьков: Основа, 1996. - 212 с. 4. Tsyupkin Ya. Z., Holmberg U. Robust stochastic control and internal model control // Int. J. of Control. 1995. - Vol. 61. - No 4. - P. 809 - 822. 5. Kelmans G.K., Poznyak A.S., Chermitsier A.V. Adaptive locally optimal control // Int. J. System Science. -1981. - Vol.12. - No 2.-P. 235-254. 6. Любчик Л.М., Малько М.Н. Структурный синтез регуляризованных обратных систем пониженного порядка // Системний аналіз, управління і інформаційні технології: Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. - Харків: ХДПУ, 1999. - Випуск 72.- С. 165 - 168. 7. Lyubchik L.M., Mueller P.C. Robust disturbance decoupling in multivariable systems via the unknown-input observers // Proceedings of 16-th IFAC World Congress, Prague, July 4-8, 2005. - 6 p. 8. Любчик Л.М. Метод обратных динамических моделей в задачах синтеза многомерных комбинированных систем с наблюдателями возмущений // Радиоелектронні і комп'ютерні системи.-№ 5 (24).- 2007.-С. 77- 83.

Поступила в редколлегию 15.06.08

Ю.И. ДОРОФЕЕВ, канд. техн. наук,
А.А. ГЛУХОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА КОМПРЕССИИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Розглядається розв'язання задачі стискування та відновлення дискретної інформації за допомогою штучних нейронних мереж. Аналізується вплив розміру та параметрів нейронної мережі на величину похибки декодування даних.

Рассматривается решение задачи компрессии и восстановления дискретной информации с помощью искусственных нейронных сетей. Анализируется влияние размера и параметров нейронной сети на величину ошибки декодирования данных.

The problem of compression and restoration of discrete information using artificial neural networks is considered. The impact of the size and parameters of the neural network by the amount of errors decoding data is analyzed.

Введение. В связи с непрерывным увеличением объема информации, накапливаемой во всех областях человеческой деятельности, все большее значение приобретают технологии ее компактного представления. Способ получения компактного представления информации называют экономным кодированием или компрессией.

Отправной точкой развития технологий экономного кодирования принято считать 40-е годы XX века – период зарождения теории информации. Тогда основные результаты носили в большинстве своем чисто теоретический характер и почти не имели практической ценности. С появлением в конце 70-х годов эффективных практических схем компрессии данных интерес к этому разделу теории информации заметно вырос, однако невысокий уровень развития вычислительной техники препятствовал развитию этого направления. Многие вопросы были в полной мере исследованы только во второй половине 80-х годов.

В настоящее время раздел теории информации, касающийся методов компрессии и архивации, претерпевает серьезные изменения, что связано со значительным увеличением объемов теоретических и прикладных исследований.

Методы компрессии информации. Теория экономного кодирования объединяет несколько направлений. В рамках данной теории принято выделять методы компрессии информации без потерь и методы компрессии информации с потерями [1]. Методы второй группы применяются к информации, содержащей отдельные несущественные составляющие, не несущие значимой смысловой нагрузки. Примерами могут служить звуковая

информация, предназначенная для прослушивания, и графические изображения.

Методы компрессии без потерь используются для обработки дискретной информации. Любое дискретное информационное сообщение на языке теории информации представляется как некоторая конечная последовательность натуральных чисел. Настоящая работа посвящена исследованию качества компрессии дискретной информации с помощью искусственных нейронных сетей.

Любой метод компрессии данных так или иначе учитывает информационные закономерности, которые свойственны различным типам информации. Различие между методами состоит только в способе учета этих закономерностей.

Для осуществления эффективной компрессии сообщений, поступающих с выхода некоторого источника информации, требуется знание его характеристик. В случае, когда нет дополнительной информации об источнике, определить его характеристики можно только путем статистического анализа его информационной выборки.

В основе большинства существующих методик компрессии лежат два подхода. Первый называется вероятностным и позволяет учесть статистические особенности появления символов в информационном сообщении. Основная идея сокращения объема информации заключается в том, что часто встречающимся символам ставятся в соответствие короткие коды, а символам, встречающимся реже, – длинные коды. В настоящее время в большинстве коммерческих приложений для построения системы кодов переменной длины используется кодирование Хаффмена [2], являющееся лучшим с точки зрения качества информационного представления.

В основе другого подхода, называемого комбинаторным, лежит трактовка информационных закономерностей как присутствие в информации одних символьных комбинаций и полное отсутствие других. Кодирование основывается на построении кодовых систем, содержащих коды только тех информационных последовательностей, которые реально порождаются информационным источником. К данной категории, в частности, относятся методы словарной группы, впервые описанные в работах А.Лемпеля и Я.Зива [3].

Основу методов кодирования данной группы составляет информационная структура, называемая словарем. Методы отличаются друг от друга способом организации словаря и схемой поиска совпадений в информационной выборке. Разбиение дискретного информационного сообщения на кодируемые составляющие представляет собой трудноформализуемую задачу, от оптимальности решения которой в значительной степени зависит эффективность метода.

Экспериментальная оценка качества компрессии информации с помощью нейронных сетей. Несмотря на высокую популярность использования искусственных нейронных сетей для решения трудноформализуемых

задач, для целей экономного кодирования информации они применяются относительно недавно.

В данной работе исследуется качество компрессии дискретных данных с использованием сети Кохонена, которая представляет собой набор упорядоченных нейронов (называемых картой), обучение которых осуществляется "без учителя" путем самоорганизации. В картах Кохонена нейроны помещаются в узлах решетки, обычно одно- или двухмерной.

Рассмотрим нелинейное преобразование, которое отображает непрерывное входное пространство X в дискретное выходное пространство A . Вектор $x \in X$, который случайно выбирается из входного пространства, имеет размерность n и обозначается $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$. Вектор синаптических весов нейрона i , входящего в карту Кохонена, имеет ту же размерность и обозначается $w_i = [w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}]^T$, $i = 1, 2, \dots, l$, где l – общее количество нейронов сети.

Сущность алгоритма самоорганизации, предложенного Кохоненом, состоит в отыскании того нейрона, который лучше всего соответствует входному вектору x и перемещении вектора синаптических весов этого нейрона и нейронов, которые лежат в его топологической окрестности, в сторону вектора x . В ходе конкурентного процесса нейроны решетки избирательно настраиваются на различные входные векторы и, в результате, группы входных векторов, образующие кластер, представляются единственным вектором весов нейрона-"победителя". Таким образом, модель нейронной сети Кохонена реализует топологическое отображение, которое оптимально размещает фиксированное количество векторов синаптических весов нейронов (т.е. кодовых слов, составляющих словарь) во входное пространство более высокой размерности.

Настроенная карта Кохонена, представленная множеством векторов синаптических весов $\{w_i\}$, $i = 1, 2, \dots, l$, реализует аппроксимацию входного пространства X в выходном пространстве A . Тем самым она осуществляет сжатие информации путем хранения большого объема векторов $x \in X$ с помощью нахождения небольшого набора прототипов $\{w_i\}$.

В процессе моделирования кодирование информации осуществлялось путем замены 16-разрядной битовой цепочки, состоящей из 0 и 1, на номер нейрона-"победителя", вектор весов которого после обучения сети оказался наиболее близок к значениям входной цепочки. Декодирование выполнялось путем округления значений весов нейрона-"победителя" до 0 или 1.

Целью моделирования является проверка возможности применения сети Кохонена для компрессии информации и ее восстановления без потерь, а также исследование зависимости количества ошибочно восстановленных бит от размера карты. Для обучения использовались 3 массива бинарных данных по 2000 примеров в каждом с различными вероятностями появления 1 (50%,

70% и 90%). Моделирование выполнено для карт Кохонена размерностью 2x2, 2x3, 3x3, 3x4, нейроны которых расположены в узлах двумерной прямоугольной решетки. Результаты приведены на рис. 1. Очевидно, что с помощью карт Кохонена не удается добиться сжатия и декодирования данных без потерь. Минимальное количество ошибочных бит (1.3 бит) получено при использовании карты наибольшего размера для данных, содержащих 90% единиц. Полученные результаты также позволяют сделать вывод, что увеличение количества нейронов в три раза не приводит к существенному улучшению качества компрессии и восстановления данных.

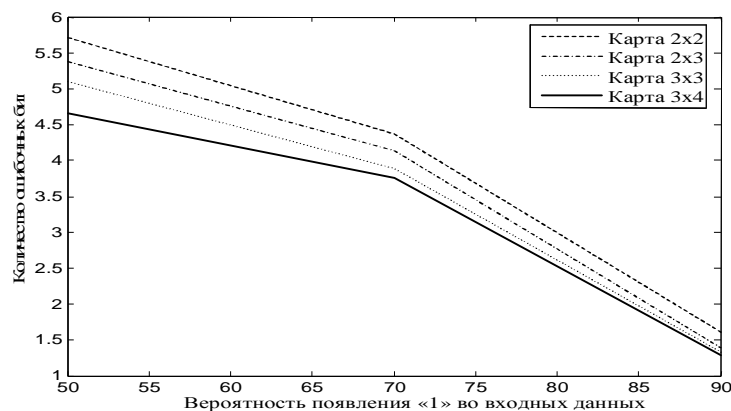


Рис.1. Зависимость величины ошибки декодирования от размера карты Кохонена

Так как для дискретной информации кодирование с потерями недопустимо, для дальнейшего исследования выбрана трехслойная нейронная сеть прямой передачи сигналов. Входной слой из 16 нейронов и скрытый слой меньшего размера N (количество нейронов определяется в процессе экспериментов) осуществляют компрессию данных. Закодированная версия входного вектора x является выходным сигналом скрытого слоя. Для того, чтобы восстановить исходный вектор, закодированный сигнал передается выходному слою из 16 нейронов, который выполняет роль декодера. Чем меньше размер скрытого слоя N по сравнению с n , тем более эффективна сеть в качестве средства компрессии данных.

Обозначим матрицу весов скрытого слоя сети $W^{(1)}$, а матрицу весов выходного слоя $W^{(2)}$. Тогда с учетом однонаправленного распространения сигналов вектор выхода скрытого слоя равен (сжатая информация):

$$h = W^{(1)}x,$$

а вектор выхода сети равен (информация, восстановленная в результате декомпрессии):

$$\hat{x} = W^{(2)}h = W^{(2)}W^{(1)}x.$$

Обучение сети, состоящее в оптимальном подборе весов, образующих матрицы $W^{(1)}$ и $W^{(2)}$, направлено на то, чтобы разность между $x_i^{(q)}$ и $\hat{x}_i^{(q)}$ для всех n составляющих вектора x_i при $q=1,2,\dots,Q$ (где Q обозначено количество векторов) была минимальной. Вследствие прямоугольности обеих матриц $W^{(1)}$ и $W^{(2)}$ аналитического решения этой задачи не существует.

Для обучения сети использовались те же массивы бинарных данных, что и для карты Кохонена. Обучение выполнено с помощью порогового алгоритма обратного распространения [4], критерием останова является достижение на выходе сети величины средней суммарной квадратичной ошибки 0,1.

Результаты экспериментов приведены на рис. 2. Очевидно, что для данных с вероятностью появления 1, равной 90%, сжатие без потерь (количество ошибок менее 1 бит) достигнуто уже при 3 нейронах в скрытом слое. Таким образом, достигнуто значение коэффициента компрессии, вычисленного как отношение количества нейронов во входном слое к количеству нейронов скрытого слоя, равное 5,33. Кроме того, сделан вывод, что наименьшая ошибка декодирования достигается, когда в первом слое сети в качестве активационной функции нейронов используется линейная функция, а в скрытом и выходном слое – сигмоидальная функция.

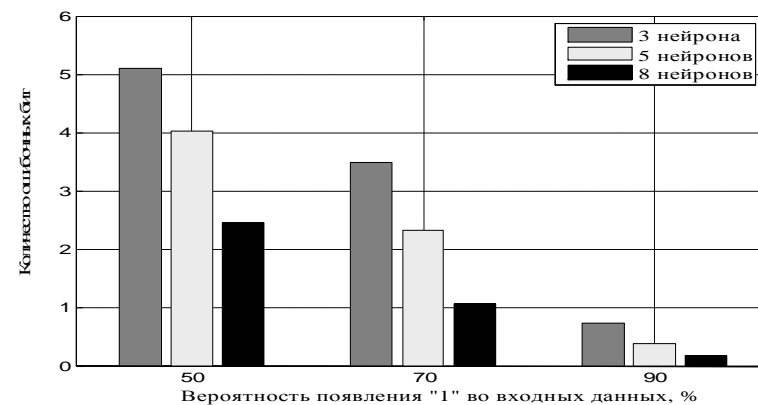


Рис.2. Зависимость ошибки декодирования от количества нейронов в скрытом слое

Список литературы: 1. Ватолин Д.К., Ратушняк А.А. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений.– М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002.– 384 с. 2. Хаффмен Д.А. Метод построения кодов с минимальной избыточностью: Пер. с англ. // Кибернетический сборник.– М.: ИЛ, 1961.– Вып. 3.– С. 79–87. 3. Ziv J., Lempel A. Compression of Individual Sequences via Variable-Rate Coding // IEEE Trans. Inform. Theory.– 1978.– Vol. 24, N5.– P. 530–536. 4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс.: Пер. с англ.– М.: Издательский дом "Вильямс", 2006.– 1104 с.

К. В. МЕЛЬНИК, ассистент НТУ «ХПИ»,
А. Е. ГОЛОСКОКОВ, канд. техн. наук

СИСТЕМА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЛЕЧЕНИЕМ СЕРДЕЧНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

В статті пропонується підхід до управління процесом лікування серцево-судинної системи хворого на прикладі інфаркту міокарду на основі створення та використання нечіткої продукційної бази правил.

В статье предложен подход к управлению процессом лечения сердечно-сосудистой системы пациента на примере инфаркта миокарда на основе создания и использования нечеткой продукционной базы правил.

In the article there have been proposed methods of controlling of the patient cardiovascular system treatment process by cardiac infarction example based on the creation and using of fuzzy productional rule base.

Введение. На сегодняшний день в любом обществе существуют проблемы лечения человеческого организма в связи с увеличением общего количества нарушений и возникновения одних острых нарушений на фоне других. Особенно это касается заболеваний сердечно-сосудистой системы в связи с тем, что они являются тяжело излечиваемыми. Кардиологические заболевания занимают первое место среди других смертных заболеваний на Украине, где половину всего количества составляют инфаркты миокарда различной локализации. Распознавание всех симптомов и выделение конкретного нарушения, а также определение оптимальной стратегии лечения кардиологических заболеваний пациента, подразумевающей под собой принятие пациентом лекарственных препаратов в определенных дозах в определенный временной промежуток – два ключевых момента при постановке диагноза и прогнозировании течения и исхода заболеваний. Лицом, принимающим такие ответственные решения, должен быть квалифицированный специалист с немалым опытом. В силу различных обстоятельств не все медицинские учреждения имеют опытных кардиологов. Поэтому не теряет своей актуальности проблема создания компьютерной советующей системы, осуществляющей поддержку принятия решений врачами-кардиологами на всем этапе работы с пациентом.

Анализ последних публикаций и исследований, существующих на сегодняшний день, показал, что подобные разработки существуют в виде систем диагностирования, поставляющихся вместе с электрокардиографами либо отдельным пакетом. Данные системы производят распознавание болезни, то есть постановку диагноза, некоторые из них оснащены рекомендациями к восстановлению нормального состояния организма. Но

дальнейший процесс лечения сердечно-сосудистой системы находится полностью под контролем врача-кардиолога, то есть область применимости компьютерных советующих систем не распространяется на процесс лечения. Следует также отметить, что характерной особенностью существующих систем диагностирования сердечных инфарктов является тот факт, что они основаны на использовании только электрокардиограммы. При таком подходе существует вероятность ошибочного диагностирования в связи с тем, что на электрокардиограмме могут присутствовать изменения, характерные для инфарктов, но само нарушение в организме не имеет отношения к повреждению миокарда, то есть существует риск принятия ошибочного решения. Поэтому для уменьшения вероятности постановки неправильного диагноза и лечения необходимо проводить и учитывать дополнительные анализы.

Постановка задачи. Для решения обозначенных выше проблем предлагается разработка системы поддержки принятия решений (СППР), которая внедряется в медицинское учреждение для контролирования процесса пребывания пациента в медицинском учреждении и помощи врачам для принятия решений. Под контролем СППР находится весь перечень процедур, манипуляций, анализов, сданных пациентом, также фиксируется в базе данных назначаемое лечение и результаты проведенного лечения. Рассматриваемая СППР предназначена для выявления и лечения инфарктов миокарда.

Использование системы происходит таким образом: определение значений необходимых признаков и синдромов с последующим выделением конкретного заболевания из класса подозрительных нарушений, а затем назначение лечения, то есть восстановление нормальной жизнедеятельности организма пациента в тех ситуациях, когда это возможно. Жизненно важным является этап идентификации состояния сердечно - сосудистой системы (ССС) пациента, от которого зависит назначаемое лечение, поэтому в данной статье предлагается методика принятия решений на этапе определения текущего состояния сердца пациента. Рассматриваемую задачу предлагается решить с использованием механизма нечеткого логического вывода, фундаментом которого является нечеткая продукционная база правил (НПБП). Подход, основанный на использовании НПБП, был выбран в связи с тем, что продукционные модели обладают рядом достоинств[1]: универсальность – любую предметную область можно представить в виде продукции; модульность – каждая продукция представляет собой отдельный элемент знаний, что позволяет независимо производить модификацию базы правил; естественность выводов о заключении, подобная выводам экспертов. Недостатком может рассматриваться проверка непротиворечивости продукции, в связи с тем, что набор правил для базы составляется экспертом, мнение которого может быть весьма субъективно.

Нечеткая база знаний основывается на знаниях врачей-кардиологов, формализованных в виде совокупности нечетких продукционных правил.

Рассмотрим процесс создания НПБП. Для формулирования правил, эксперту необходимо выделить перечень информативных признаков, свидетельствующий о наличии инфаркта миокарда (ИМ). Идентифицированный список синдромов и признаков представляется в виде набора лингвистических переменных (ЛП), что позволяет применить единый математический аппарат нечеткой логики, используемый для признаков различной природы (рис. 1). Каждая ЛП представляет собой терм-множество, состоящее из совокупности нечетких переменных, определенных на том же диапазоне изменения, что и сама ЛП.

<Боль в левой руке; T_1 ; [0,1]>

Терм – множество $T_1 = \{малая, средняя, большая\}$

НП терм-множества:

- <Малая; [0,1]; $\sigma=0.165, c=0$ >
- <Средняя; [0,1]; $\sigma=0.129, c=0.5$ >
- <Большая; [0,1]; $\sigma=0.169, c=1$ >

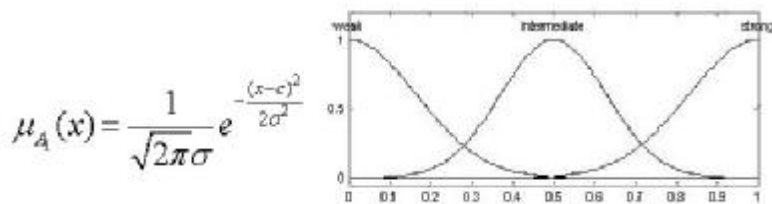


Рис. 1. Определение лингвистической переменной «Боль в левой руке»

Аналогичным образом определяется полный набор признаков и синдромов, позволяющих охарактеризовать состояние ССС пациента. Выделенные признаки формируют словарь признаков, фрагмент которого приведен в таблице ниже.

После задания словаря входных признаков совместно с экспертом врачом-кардиологом происходит формирование словаря эталонных состояний, то есть набора типовых состояний организма человека в период кардиологических нарушений. Набор типовых состояний совместно с перечнем лекарственных препаратов и процедур формирует основу определения стратегии «перевода» пациента из одного состояния в другое с целью стабилизации работы его сердца. Типовое состояние представляется в виде набора значений каждой переменной из словаря заданных ранее медицинских признаков.

Перечень информативных признаков

НАЗВАНИЕ ПРИЗНАКА		ТЕРМ-МНОЖЕСТВО ПРИЗНАКА
Y1	Длительная боль в левой руке, груди, лопатке	{малая, средняя, большая}
Y2	Давление	{малое, норма, большое}
Y3	Частота сердечных сокращений	{малая, норма, большая}
Y41	Патологический зубец Q в I	{присутствует, отсутствует}
Y42	Патологический зубец Q в aVL	{присутствует, отсутствует}
Y43	Патологический зубец Q в V1	{присутствует, отсутствует}
Y44	Патологический зубец Q в V2	{присутствует, отсутствует}
Y45	Патологический зубец Q в V3	{присутствует, отсутствует}
Y46	Патологический зубец Q в V4	{присутствует, отсутствует}
Y5	Уровень холестерина	{малый, средний, большой}
Y6	Уровень нейтрофилов	{малый, средний, большой}
Y7	Уровень тропонина I	{малый, средний, большой}
Y8	Уровень фибриногена	{малый, средний, большой}

Далее составляется нечеткая база знаний, позволяющая идентифицировать состояния пациента и представляемая правилами вида [2]:

$$P_1 : \text{если } y_1 = \text{Бу } y_2 = \text{Бу } y_3 = \text{Бу } y_{41} = \text{Пу } y_{42} = \text{Пу } y_{43} = \text{Пу } y_{44} = \text{Пу } y_{45} = \text{Пу } y_{46} = \text{Бу } y_5 = \text{Бу } y_6 = \text{Бу } y_7 = \text{Бу } y_1 = \text{Б то } x = S_1$$

где y_i - признаки и синдромы состояния ССС пациента,

x - ЛП, определяющая состояние сердца пациента,

S_1 - эталонное значение ЛП x , определяющее состояние ССС пациента.

Зная текущее состояние S_1 и используя заданный ранее набор назначаемых медицинских процедур и лекарственных препаратов, врач определяет стратегию лечения пациента.

Использование подобной базы продукционных правил представляет собой процедуру, состоящую из нескольких этапов:

- фаззификация (введение нечеткости – определение соответствия между четкими значениями входных переменных и их функций принадлежности);
- логический вывод (значение истинности каждого условия применяется к заключениям каждого правила-продукции);
- композиция (объединение в одно нечеткое подмножество значений каждой выходной переменной);
- дефаззификация (приведение к четкости).

Для проведения процедуры нечеткого вывода предлагается использование алгоритма Мамдани (рис.2).

Для проведения корректировки и проверки назначаемого лечения при инфаркте миокарда необходимо использовать нечеткую продукционную базу правил вновь с поступлением проведенных контрольных анализов крови и электрокардиограммы.

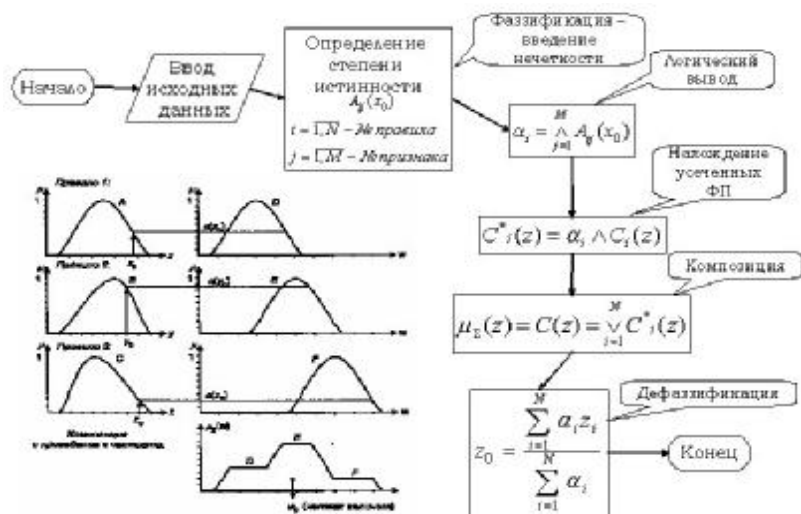


Рис. 2. Алгоритм использования НПБП

Выводы. Исходя из особенностей НПБП, можно заключить, что ее использование при построении системы управления медицинским процессами лечения сердечно-сосудистой системы пациента, поможет сделать выбор при назначении коррективного лечения, а также для увеличения эффективности работы врачей-кардиологов, снизив временные затраты на идентификацию состояния пациента. При этом использование традиционной базы правил не позволяет легко выводить стратегию лечения пациента. Стратегия лечения должна быть либо введена непосредственно в базу правил в виде дополнительного набора ЛП, усложняя базу правил в несколько раз, либо задаваться отдельно в виде простых таблиц соответствия состояний ССС принимаемым препаратам, как было предложено в данной работе.

Список литературы: 1. Мельник К.В., Голоскоков А.Е. Синтез продукционной системы диагностирования состояния пациента // Материалы всеукраинской научно-практической конференции «Системный анализ и управление «Дни науки - 2007». Том 3. – Запорожье, 2007. – С.175-176. 2. Мельник К.В., Голоскоков А.Е. Система управления лечением пациента, основанная на нечеткой продукционной базе правил // Материалы международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии». Том 1. – Одесса, 2008. – С.59.

Поступила в редколлегию 05.03.08

В. П. СЕВЕРИН, д-р техн. наук,
С. М. ДЖАФАРИ, аспирант НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ЯДЕРНЫМ РЕАКТОРОМ

В статті розглядаються задачі управління реактором, зв'язані з різними значеннями реактивності при різних режимах роботи реактора, і проводиться математичне моделювання систем автоматичного управління реакторного обладнання з різними типами регулятора. Розроблені лінійні й нелінійні моделі систем управління нейтронною потужністю ядерного реактора з різною кількістю груп запізнюючих нейтронів. Приведені результати оптимізації прямих показників якості систем управління нейтронною потужністю ядерного реактора.

В статье рассматриваются задачи управления реактором, связанные с различными значениями реактивности при разных режимах работы реактора, и проводится математическое моделирование систем автоматического управления реакторного оборудования с различными типами регуляторов. Разработаны линейные и нелинейные модели систем управления нейтронной мощностью ядерного реактора с различным числом групп запаздывающих нейтронов. Приведены результаты оптимизации прямых показателей качества систем управления нейтронной мощностью ядерного реактора.

The tasks of reactor control are considered in the article, related to the different values of reactivity at the different modes of reactor operations, and the mathematical design of the automatic control of reactor equipment systems is conducted with the different types of regulators. The linear and nonlinear models of the neutron power control systems of nuclear reactor are developed with the different groups number of late neutrons. The results of direct indexes quality optimization of the neutron power control systems of nuclear reactor are resulted.

Введение. Сложность решения задач по управлению и защите энергетического ядерного реактора, существенно зависит от активной зоны реактора, которая имеет сложную структуру. На нейтронно-кинетические процессы влияют теплофизические и гидродинамические процессы, происходящие в теплоносителе и замедлителе [1].

Целью статьи является математическое моделирование систем автоматического управления нейтронной мощностью реактора ВВЭР в пространстве состояний с различными законами управления и оптимизация показателей качества систем управления реактором.

Особенности управления реактором. Система автоматического управления мощностью ядерного реактора (САУМ ЯР) включает реактор, датчик плотности потока нейтронов, регулятор мощности (РМ) и привод поглощающих стержней, а система управления и защиты реактора состоит из системы регулирования мощности, системы компенсации реактивности, системы аварийной защиты реактора, а также из пусковой системы [2].

В режиме «Н» САУМ поддерживает постоянную нейтронную мощность в диапазоне от 3% до 120% ее номинального значения по уставке мощности v_s . Возможен сигнал на РМ с регулятора давления или с регулятора тепловой мощности, определяемой температурой теплоносителя. САУМ должна обеспечивать высокое качество управления во всех режимах.

В водо-водяных реакторах мощностной и температурный коэффициенты реактивности отрицательны. И это создает дополнительные возможности управления реактором [3]. Нейтронная и тепловая мощности реактора увеличиваются путем снижения средней температуры теплоносителя в первом контуре.

При режиме работы реактора, когда реактивность равна нулю и реактор находится в динамическом равновесии, его работа поддерживается запаздывающими нейтронами, а по отношению к мгновенным нейтронам он находится в подкритическом состоянии. При малых значениях реактивности период реактора не зависит от времени жизни нейтронов и от типа реактора. При достаточно больших значениях реактивности, приближающихся к величине доли запаздывающих нейтронов β , период реактора существенно зависит от времени жизни мгновенных нейтронов и от типа реактора: период реактора на быстрых нейтронах меньше, чем у реактора на тепловых нейтронах [4]. Поэтому допустимые значения избыточной реактивности для быстрых реакторов должны быть меньшими, чем для тепловых.

Границей рассматриваемых типов режимов является значение $\rho=\beta$, при котором реактор оказывается в критическом состоянии по отношению к мгновенным нейтронам. Учитывая большое значение случая с $\rho=\beta$ для управления реактором, нередко величину $\rho=\beta$ принимают за единицу изменения реактивности. При $\rho>\beta$ реактор оказывается в надкритическом состоянии по отношению к мгновенным нейтронам. Одно из требований к системе управления и защиты реакторов состоит в том, чтобы ни в какой момент эксплуатации реактора не было допущено положительных значений реактивности, больших β [5].

Для определения изменения потока нейтронов при меньшей нуля реактивности, выводящем реактор в подкритическое состояние, в процессе изменения потока нейтронов можно выделить 2 этапа. Снижение мощности реактора на первом этапе играет чрезвычайно важную роль при его быстрой аварийной остановке, когда идет разгрузка реактора при срабатывании аварийной защиты. Период разгрузки на первом этапе обусловлен мгновенными нейтронами, поэтому по времени он короче второго этапа, где скорость разгрузки реактора происходит под влиянием запаздывающих нейтронов.

Ускорение второго этапа невозможно, так как процес деления ядер горячего после срабатывания аварийной защиты длительное время сохраняется на достаточно высоком уровне, что требует дополнительного

отвода теплоты при аварийном расхолаживании реактора. Длительность процесса остановки реактора определяется группой запаздывающих нейтронов, имеющих наименьшую постоянную радиоактивного распада и наибольший период. Процесс остановки реактора, когда необходим отвод теплоты, будет продолжаться несколько минут, а в отдельных случаях – десятки минут. Учтем эти особенности при моделировании реактора.

Модели ядерного реактора. Разработаны нелинейные и линейные модели нейтронной кинетики реактора с одной, двумя и шестью группами запаздывающих нейтронов (ЗН) вида:

$$dX_K/dt = f_K(X_K, \rho), \quad dX_K/dt = A_K X_K + B_K \rho, \quad v = C_K X_K, \quad (1)$$

где вектор X_K включает относительные координаты нейтронной мощности v и концентраций групп ЗН, $\rho = \rho_d - \alpha_q v - \rho_t$ — приведенная к суммарной доле ЗН реактивность, ρ_d — вызванная перемещением поглощающего стержня реактивность, α_q — мощностной коэффициент реактивности, ρ_t — температурная реактивность, определяемая моделью тепловых процессов в активной зоне:

$$dX_T/dt = f_T(X_T, v), \quad f_T(X_T, v) = A_T X_T + B_T v, \quad \rho_t = C_T X_T. \quad (2)$$

Вектор X_T включает температуры топлива, оболочки твэла и теплоносителя. По моделям (1) и (2) получены модели реактора как объекта управления:

$$dX_R/dt = f_R(X_R, \rho_d), \quad dX_R/dt = A_R X_R + B_R \rho_d, \quad v = C_R X_R, \quad C_R = (C_K \quad 0), \quad (3)$$

$$X_R = \begin{pmatrix} X_K \\ X_T \end{pmatrix}, \quad f_R(X_R, \rho_d) = \begin{pmatrix} f_K(X_K, \rho_d - \alpha_q v - C_T X_T) \\ f_T(X_T, v) \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$A_R = \begin{pmatrix} A_K - B_K \alpha_q C_K & -B_K C_T \\ B_T C_K & A_T \end{pmatrix}, \quad B_R = \begin{pmatrix} B_K \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Модели систем управления ядерным реактором. Для оптимизации параметров регуляторов на основании моделей (3)–(5), сигнала ошибки $\varepsilon = v_s - v$, формирующих управление u уравнений регуляторов, уравнения исполнительного механизма $d\rho_d/dt = a_{dd}\rho_d + b_{du}u$ разработаны модели САУМ с различными регуляторами мощности:

$$dX_N/dt = f_N(X_N, v_s), \quad dX_N/dt = A_N X_N + B_N v_s, \quad v = C_N X_N.$$

Для модели с пропорционально-интегральным регулятором мощности

$$X_N = \begin{pmatrix} X_R \\ \rho_d \\ u_I \end{pmatrix}, f_N(X_N, v_s) = \begin{pmatrix} f_R(X_R, \rho_d) \\ a_{dd}\rho_d + b_{du}[K_P(v_s - v) + u_I] \\ \lambda_I(v_s - v) \end{pmatrix},$$

$$A_N = \begin{pmatrix} A_R & B_R & 0 \\ -b_{du}K_P C_R & a_{dd} & b_{du} \\ -\lambda_I C_R & 0 & 0 \end{pmatrix}, B_N = \begin{pmatrix} 0 \\ b_{du}K_P \\ \lambda_I \end{pmatrix}, C_N = (C_R \ 0 \ 0),$$

где K_P и λ_I — переменные параметры регулятора мощности.

Нейтронно-кинетические процессы в различных частях активной зоны реактора существенно различаются, выгорание топлива и обогащение топлива в разных точках активной зоны происходит по-разному. Вследствие этого необходимо общую систему управления мощностью реактора дополнять локальными подсистемами управления мощностью в определенных точках активной зоны.

Оптимизация показателей качества. По конструктивным и технологическим параметрам реактора ВВЭР вычислены значения параметров его моделей. Для оптимизации показателей качества систем управления мощностью реактора сформирован вектор $x \in R^p$ из параметров РМ K_P , λ_I , λ_D и наложены на значения переменных параметров двусторонние ограничения с границами $a_i = 0$ и $b_i = 100$, $i = \overline{1, p}$. Линейные и нелинейные модели систем управления выражены через x . Для получения в моделях при входном задающем воздействии $v_s = 1(t)$ монотонных переходных процессов с минимальным временем регулирования заданы предельные значения перерегулирования $\sigma_m = 0$ и показателя колебательности $\zeta_m = 0$, параметр зоны установившегося значения $\delta_z = 0,05$. Оптимизированы системы управления мощностью с разными типами регуляторов.

Получены оптимальные значения параметров регулятора K_P^* , λ_I^* , λ_D^* и времени регулирования t_c^* . При оптимальных значениях параметров П и ПД регуляторов статическая ошибка превосходит 10%. И и ИД регуляторы приводят к большому значению времени регулирования. ПИ и ПИД регуляторы имеют одинаковую эффективность.

На рис. 1, 2 представлен процесс оптимизации прямых показателей качества (ППК) для САУМ с ПИ регулятором. На графиках составляющих $F_1(x)$ и $F_2(x)$ векторной функции варьируемых параметров $x_1 = K_P$ и $x_2 = \lambda_I$ показана траектория поиска.

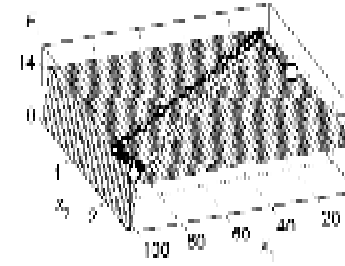


Рис. 1. Оптимизация САУМ на F_1

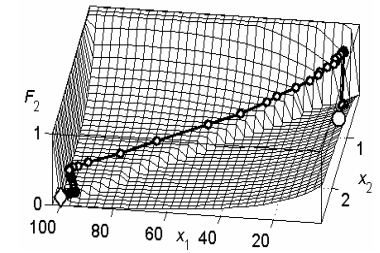


Рис. 2. Оптимизация САУМ на F_2

В пределах траектории лучших точек функция уровня $F_1(x)$ на рис. 1 принимает значения 12 и 14, которым соответствуют процессы с перерегулированием и монотонные процессы. График функции штрафа $F_2(x)$ на рис. 2 состоит из графиков функций перерегулирования $\sigma(x)$ и времени регулирования $\tau(x)$. Анализ графиков позволяет заключить, что в результате оптимизации найдена оптимальная точка, которой отвечает монотонный процесс с минимальным временем регулирования.

Для ПИ регулятора оптимальный по быстродействию процесс обеспечивается на верхней границе параметра K_P . При различных значениях b_i и времени интегрирования T_f найдены оптимальные значения K_P^* , λ_I^* , t_c^* . Значение K_P^* достигает верхнего предела, его уменьшение уменьшает λ_I^* и увеличивает t_c^* . На рис. 3 представлены оптимальные процессы изменения мощности линейными САУМ с ПИ регулятором.

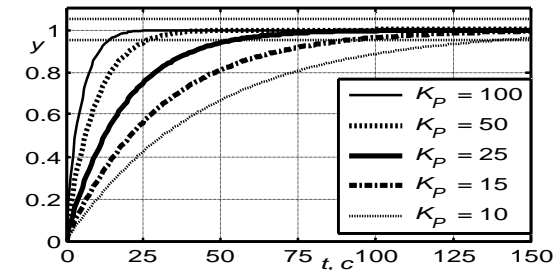


Рис. 3. Изменение мощности

Для оптимизации ППК нелинейных моделей с ПИ регулятором при различных уставках мощности n_s определено $y(x, t) = v(x, t)/v_s$. В табл. 1

для значений v_s , $b_i = 25$, $T_f = 200$ с, $K_p^* = 25$ даны оптимальные значения λ_I^* и t_c^* : уменьшение v_s уменьшает λ_I^* и увеличивает t_c^* .

Таблица 1

Результаты оптимизации нелинейной САУМ

v_s	λ_I^*	t_c^* , с	v_s	λ_I^*	t_c^* , с
0,10	0,673	53,4	-0,20	0,659	54,7
0,05	0,671	53,6	-0,50	0,631	58,1
-0,05	0,667	53,9	-0,75	0,573	67,9
-0,10	0,664	54,2	-0,90	0,494	88,8

Оптимизация ППК моделей САУМ со значениями параметров, зависящих от номера кампании активной зоны и ее периода, показала, что оптимальное значение λ_I^* возрастает с увеличением периода кампании, а от номера загрузки оно зависит незначительно. Для сохранения высокого качества процессов управления мощностью значения параметров ПИ регулятора K_p^* и λ_I^* , оптимальные для начала кампании, с течением кампании следует увеличивать.

Выводы. Данные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Сложность управления реактором в период обычной эксплуатации состоит в том, что реактор является нелинейным объектом управления, процессы в котором различны при различных величинах и знаках изменения реактивности.

2. Разработаны математические модели ядерного реактора ВВЭР-1000 и его САУМ с различными типами регуляторов мощности в пространстве состояний.

3. Оптимизированы ППК САУМ реактора с различными типами регуляторов, что показало наибольшую эффективность ПИ регулятора.

4. Целесообразно использовать методы оптимизации систем управления для повышения эффективности работы реактора.

Список литературы: 1. Иванов В. А. Регулирование энергоблоков. – Л.: Машиностроение, 1982. – 310 с. 2. Емельянов И. Я., Восковойников В. В., Масленок Б. А. Основы проектирования механизмов управления ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1978. – 272 с. 3. Шальман М. П., Плотинский В. И. Контроль и управление на атомных электростанциях. – М.: Энергия, 1979. – 272 с. 4. Дементьев Б. А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. – М.: Атомиздат, 1973. – 292 с. 5. Емельянов И. Я., Гаврилов П. А., Селиверстов Б. П. Управление и безопасность ядерных энергетических реакторов. – М.: Атомиздат, 1975. – 280 с.

Поступила в редколлегию 30.05.08

А. Е. ГОЛОСКОКОВ, канд. техн. наук,
М. В. САВИЧ, аспирант НТУ «ХПИ»

ЗАДАЧА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА С ОБОСТРЕНИЕМ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ

В статті розглянута проблема діагностування хворої дитини з загостренням бронхіальної астми. Проведено аналіз ситуації стосовно розповсюдження пульмонологічних захворювань серед населення країни. Виконана постановка задачі діагностування і розглянуто проблему створення системи підтримки прийняття рішень.

В статье рассмотрена проблема диагностирования больного ребенка с обострением бронхиальной астмы. Проведен анализ ситуации относительно распространения пульмонологических заболеваний среди населения страны. Выполнена постановка задачи диагностирования и рассмотрена проблема создания системы поддержки принятия решений.

In the article the problem of diagnosing of sick child is considered with intensifying of bronchial asthma. The analysis of situation is conducted in relation to distribution of pulmonologic diseases among the population of country. Raising of task of diagnosing is executed and the problem of creation of the system of support of making a decision is considered.

Введение. В настоящее время в связи с ухудшающейся экологической обстановкой вопросы создания эффективной системы здравоохранения становятся все более актуальными. Наблюдается неуклонный рост различных патологий иммунной системы, хронических заболеваний бронхо-легочной системы, органов пищеварения, мочевыводящих путей и заболеваний щитовидной железы. В связи с вышеперечисленным возникает острая необходимость в разработке ряда мер по раннему выявлению и диагностике заболеваний для предотвращения перехода их в хроническую форму.

Одним из наиболее частых хронических заболеваний бронхо-легочной системы в детском возрасте является заболевание бронхиальной астмой. Число больных неуклонно растет. В Украине, по данным официальной статистики, распространенность астмы за последние десятилетия увеличилась в 1,6 раза [1, 2]. В Киеве этот показатель ежегодно возрастает на 5-8%. Таким образом, заболевание бронхиальной астмой у детей является актуальной проблемой, требующей продуманного комплексного подхода к своевременному диагностированию и адекватному лечению.

Постановка задачи. Лечение больного с обострением бронхиальной астмой является сложной многоступенчатой задачей. Необходимо быстро и адекватно оценить состояние пациента и принять решение о лечении амбулаторном или стационарном. Когда речь идет о приступе бронхиальной астмы у ребенка, клиническая картина может быть размытой, а также возникают проблемы, связанные с дифференциацией данного заболевания. К сожалению даже опытный врач может допустить ошибки в постановке

диагноза и выборе соответствующего метода лечения. Если же речь идет о молодом специалисте, вероятность таких ошибок возрастает в силу отсутствия или недостаточности практического опыта.

Для того чтобы поставить правильный диагноз и назначить соответствующие лечение, врач должен опросить и обследовать пациента, провести лабораторные и другие исследования и зарегистрировать собранную информацию. Он должен отобрать, проверить и сопоставить полученные данные с собственным опытом и на этой основе поставить диагноз, идентифицирующий заболевание. Как при диагностике, так и при лечении врач постоянно занят анализом и обработкой информации, что и позволяет ему достичь соответствующие медицинские цели.

Задача медицинской диагностики считается решённой, если удалось найти способ, позволяющий однозначным образом по результатам опроса или осмотра больного, объективным данным и некоторым лабораторным обследованиям удалось установить диагноз заболевания.

Сущность проблемы диагностирования любого заболевания состоит в разработке и реализации алгоритмов адекватной оценки состояния пациента на базе проводимых клинических и функциональных исследований. Таким образом, необходимо оценить насколько состояние пациента отвечает нормативным показателям, характерным для той или иной возрастной группы при данном заболевании [3].

Таким образом, возникает задача диагностирования и лечения детей с обострением бронхиальной астмы. Задачу исследования можно сформулировать следующим образом: необходимо произвести диагностирование состояния ребенка с бронхиальной астмой в периоде обострения на основе имеющихся статистических данных о пациентах, а также назначить соответствующее лечение. Мониторинг состояния пациента позволит при необходимости корректировать назначенное лечение.

Задача диагностирования состояния пациента по совокупности признаков клинического и функционального характера может быть интерпретирована как задача распознавания образов [4]. В общем виде постановка задачи распознавания предусматривает составление алфавита классов, а также определения словаря признаков. Требуется установить, к какому классу относится неизвестное, подлежащее распознаванию состояние. Оценка тяжести обострения определяется следующими параметрами, разделенными на несколько групп, приведенных ниже.

Осмотр пациента врачом:

- аускультация;
 - пульс;
 - участие дополнительной мускулатуры в процессе дыхания;
- оценка дыхания:
- ЖЕЛ – жизненная емкость легких;

- ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 сек;
- индекс Тиффно – ОФВ1/ЖЕЛ;
- РОвыд – резервный объем выдоха;
- свистящее дыхание;
- отхождение мокроты;

Газовый состав крови:

- содержание кислорода в крови;
- содержание углекислого газа в крови;

Общее состояние пациента:

- физическая активность;
- сознание;

Другие показатели:

- уровень IgE в крови.

Алфавит классов заболеваний построен с учетом тяжести состояния пациента:

1 класс: легкое обострение;

2 класс: среднетяжелое обострение;

3 класс: тяжелое обострение;

4 класс: жизнеугрожающее обострение (угроза остановки дыхания).

Подходы к решению задачи диагностирования. При построении систем диагностирования особое внимание должно быть уделено вопросу о выборе размера алфавита классов и словаря признаков. Если зафиксировать размер словаря признаков, то расширение алфавита классов приводит к уменьшению достоверности распознавания. Рациональный выбор диагностических признаков в значительной мере определяет успех диагностирования. Необходимо помнить, что признаки должны быть однозначно связаны с состоянием объекта и образовывать достаточную систему для обеспечения достоверного диагноза. Наиболее полезными признаками являются те, которые нечувствительны к изменению внутри класса и резко меняются при переходе от одного класса к другому.

Таким образом, можно сделать вывод, что задача диагностирования и лечения пациентов с математической точки зрения решается в несколько этапов. На первом этапе с помощью процедур кластерного анализа производится разбиение исходного множества пациентов на классы заболеваний. На втором этапе создаётся процедура диагностирования, которую целесообразно реализовывать, используя методы искусственного интеллекта. На третьем этапе на основе полученных данных принимается решение о дальнейшей тактике лечения больного. Таким образом, медицинская диагностическая система представляет собой в данном случае систему поддержки принятия решений.

Информационные технологии в медицине. В настоящее время компьютерная техника и сетевые технологии внедряются во многие сферы

жизнедеятельности человека. Медицина не является исключением. Медицинские информационные системы призваны собирать и накапливать разрозненные данные, позволяя улучшать качество принимаемых решений. Информационные системы обеспечивают поиск и аналитическую обработку информации, формируют решения-подсказки, предоставляют консультации.

Экспертные системы ориентированы не на проблемы, которые легко формализовать и решить с помощью математических моделей и алгоритмов, а на проблемы, для решения которых необходимо привлекать знания экспертов, полученные за долгие годы. Такие знания подбирают методом проб и ошибок, добавляя, изменяя, удаляя их. Поэтому использование экспертных систем в медицине имеет необычайно важное значение.

В области разработки информационно-поисковых и экспертных систем наиболее актуальным направлением является создание систем поддержки принятия решений. Медицинские системы поддержки принятия решений помогают врачу оценить ситуацию, повышают эффективность принятия решения, поскольку охватывают максимальный объем информации. Однако, несмотря на огромное количество работ, посвященных применению математических методов в медицине и созданию систем поддержки принятия решений, существует множество нерешенных проблем. В первую очередь эти проблемы связаны с трудностью формализации задач, неполным набором исходной информации. Построение точных математических моделей сложных объектов на основе традиционных математических методов, пригодных для реализации с использованием вычислительной техники, является или весьма трудоемким процессом, или вообще невозможно. В связи с этим возникает необходимость использования теории нечетких множеств и нечеткой логики, принципов искусственного интеллекта и компьютерного моделирования.

Выводы. Подводя итоги, необходимо отметить, что системы поддержки принятия решений в медицине позволяют частично или полностью автоматизировать управление процессом лечения больного, квалифицированно использовать медицинский опыт, быстро обрабатывать большое количество клинических данных. Такая поддержка особенно необходима в случае острого течения заболевания, каким является обострение бронхиальной астмы.

Список литературы: 1. Жерносек В.Ф. Аллергические заболевания у детей: Руководство для врачей. – М.: Новое знание, 2003. – 334 с. 2. Применение методов кластерного анализа при обработке данных экспертного опроса Библиотека врача общей практики / Под общей ред. Г.Б. Федосеева. – СПб.: Мед. информ. агентство – Т.2. Бронхиальная астма. – 1996. – 462 с. 3. Неймарк Ю.И. Распознавание образов и медицинская диагностика. – М.: Наука, 1972. – 328 с. 4. Гельман В.Я. Медицинская информатика: Практикум. – СПб.: Питер, 2001. – 468 с. 5. Ластед Л. Введение в проблему принятия решений в медицине. – М.: Мир. – 1971. – 282 с

Поступила в редколлегию 05.03.01

И. П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, проф., декан факультета «Информатика и управление» НТУ ХПИ,
А. В. ИВАНЧЕНКО, аспирант НТУ «ХПИ»

ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ИТ-КОМПАНИЙ И ПОДХОДЫ ЕЁ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

В статті запропоновано підхід використання аналізу соціальних мереж до розв'язання проблеми підготовки спеціалістів для ІТ-компаній. Розкрито сутність аналізу соціальних мереж, описані основні методи аналізу. Реалізовано приклад та зроблені висновки щодо побудови та аналізу соціальної мережі кафедри підготовки ІТ-спеціалістів.

В статье предложен подход использования анализа социальных сетей к решению проблемы подготовки специалистов для ИТ-компаний. Раскрыта суть анализа социальных сетей, описаны основные методы анализа. Реализован пример и сделаны выводы относительно построения и анализа социальной сети кафедры подготовки соответствующих специалистов.

In the article is proposed an attempt to using social network analysis in solving the problem of IT-specialists teaching. The heart of network analysis is exposed and the basic methods of analysis are described by author. There is an example of building a social network of it-specialists teaching department and its analyzing is realized.

Постановка проблемы. Производство программного обеспечения выгодный бизнес, однако весьма трудоемкий и требующий значительных человеческих ресурсов. Успех в этой области определяется многими факторами, основной среди которых наличие опытных профессиональных программистов. И здесь у Украины есть хороший потенциал, ведь, по оценкам международной аналитической компании Brain Bench, количество разработчиков, имеющих международные дипломы и сертификаты, в нашей стране приближается к 23 тысячам. Во всемирном рейтинге разработчиков ПО украинское государство занимает четвертое место в мире после США (200 тыс.), Индии (160 тыс.) и России (60 тыс) [1].

Одним из факторов, сдерживающим развитие ИТ-отрасли в целом, становится нехватка квалифицированных разработчиков программного обеспечения. Кадровый голод порождает не только сложности с реализацией планов наращивания объемов зарубежных заказов, но и уменьшает конкурентные преимущества компаний данной сферы. Данная проблема большей частью вытекает из другой не менее важной - вузы нашего государства не способны выдавать ИТ-специалистов должного уровня, сколько требует рынок. Возникают вопросы и по качеству молодых программистов, выпущенных вузами. То есть базовая подготовка нареканий не вызывает, но учебные программы, не поспевающие за прогрессом, не обеспечивают должный уровень готовности к решению практических задач

реального производства. Поэтому молодые специалисты, приступая к работе в ИТ-компаниях, вынуждены повышать свою квалификацию до уровня, требуемого для решения текущих задач в организации. Для ИТ-компаний это опасно, так как низкая оперативность образования может не позволить осваивать новые сегменты рынка – более прибыльные и менее чувствительные к ценовому давлению.

Отстает от жизни и утвержденный Министерством образования перечень специальностей, в котором почему-то нет некоторых профессий, существующих в ИТ-индустрии. Например, не готовятся менеджеры проектов, специалисты по тестированию, а потому компаниям приходится снимать эту проблему самостоятельно.

И, наконец, существует проблема нехватки квалифицированных преподавателей, которые имели бы как полноценные знания по предмету обучения, так и педагогический опыт, практику участия в проектах из области высоких технологий.

В данной статье делается обзор механизмов социальных сетей для решения задачи подбора квалифицированных специалистов в области информационных технологий.

Молодые специалисты, обучаясь в высших учебных заведениях, общаются со своими сокурсниками, старшекурсниками, преподавателями, данное общение, например, направлено на получения опыта и помощи в решении тех или иных задач в процессе обучения. На старших курсах многие из них уже имеют опыт практической разработки программного обеспечения, подрабатывая в кампаниях по разработке различных информационных технологий, программного обеспечения, тем самым расширяя свой круг общения в данной сфере, продолжая общение как с однокурсниками, так и с преподавателями в данной отрасли. Не секрет, что специалисты Human resources (подбор персонала) в ИТ-компаниях широко используют методику «приведи друга» среди своих работников, считая тем самым, что уровень подготовки такого рода новых специалистов будет заведомо гораздо лучше, чем специалиста пришедшего «с улицы». Таким образом, можно с уверенностью утверждать о наличии социальных взаимоотношений в области создания, изучения информационных технологий. Каждый участник данных взаимоотношений обладает некоторыми знаниями, возможностями в этой сфере, т.е. существуют некоторые индивидуальные преимущества.

В своих трудах М. Грановеттер [2] показал значимость персонализированных контактов в трудовых отношениях формального типа. Тем самым он представил неформальное не как сегмент, а как способ существования формальных норм, как тип отношений, пронизывающий всю трудовую сферу. Другими словами в современном обществе все пронизано «сетями» (networks) социальных отношений — устойчивыми системами связей и контактов между индивидами, которые невозможно вписать в рамки традиционной дихотомии «рынок — иерархия». В современном обществе эти

сети неформальных отношений позволяют находить работу, обмениваться информацией, разрешать большинство всех проблем и конфликтов, минуя судей и адвокатов. «Деловые отношения, - отмечает М. Грановеттер, - перемешиваются с социальными». [2]

Таким образом, можно утверждать о наличии социальной сети, образованной среди описанных выше участников.

Сеть социальных взаимодействий состоит из совокупности социальных акторов и набора связей между ними. Социальными акторами могут быть индивиды, социальные группы, организации, города, страны. Под связями понимаются не только коммуникационные взаимодействия между акторами, но и связи по обмену различными ресурсами и деятельностью, включая конфликтные отношения. Полученная сеть взаимодействий может быть проанализирована различными методами теории графов, теории информации, математической статистики.

Для изучения, оптимизации и прогнозирования развития данного явления удобно использовать подход анализа социальных сетей. [3]

Сущность анализа сетей. Анализ социальных сетей имеет свою специфику. Весьма часто при проведении исследований классификация объектов по их наблюдаемым характеристикам либо не приводит к содержательному результату (все объекты попадают в одну группу), либо не позволяет выявить причины возникновения в будущем определенной структуры взаимодействий объектов. Анализ социальных сетей позволяет определить различия в сетевом статусе акторов и выявить группы тесно взаимодействующих акторов, что дает возможность находить структурные свойства последних, прогнозировать их поведение, классифицировать акторов по выполняемым ими функциям. [4]

Анализ социальных сетей предоставляет новый набор объяснительных моделей и аналитических инструментальных средств, которые находятся вне рамок обычных количественных методов. При этом в данной области накоплен богатый математический аппарат, позволяющий строить весьма сложные модели социальных взаимодействий, описывающие практически любые социальные системы. Основоположниками теории социальных сетей признаются Дж. Морено, Питирим Сорокин. Междисциплинарная теория социальных сетей развита в работах Л. Фримана, Д. Ноука, П. Марседена, С. Вассермана, Б. Веллмана, С. Берковица и других исследователей. Ряд методологических принципов анализа социальных сетей сформулирован в теории обмена (Дж. Хоманс, П. Блау), теории социального капитала (Дж. Коулмен, Г. Беккер), методических разработках сетевых моделей, выполненных С. Вассерманом, Б. Веллманом, Д. Грановеттером [5].

В настоящее время в анализе социальных сетей выделяются четыре направления: структурное, ресурсное, нормативное и динамическое.

Структурный подход акцентирует внимание на геометрической форме сети и интенсивности взаимодействий (весе ребер). Все акторы

рассматриваются как вершины графа, которые влияют на конфигурацию ребер и других акторов сети. Особое внимание уделяется взаимному расположению вершин, центральности, транзитивности взаимодействий. Для интерпретации результатов в данном случае используются структурные теории и теории сетевого обмена.

Ресурсный подход рассматривает возможности акторов по привлечению индивидуальных и сетевых ресурсов для достижения определенных целей и дифференцирует акторов, находящихся в идентичных структурных позициях социальной сети, по их ресурсам. В качестве индивидуальных ресурсов могут выступать знания, престиж, богатство, (этничность), пол (гендерная идентичность). Под сетевыми ресурсами понимаются влияние, статус, информация, капитал. Следуя Дж. Коулмену, можно выделить следующие источники социального капитала: эффективные нормы и санкции; аккумуляция внешних обязательств, соответствующее взаимным ожиданиям; богатство как базовая социальная ценность; поддержка социальной интеграции и групповых ритуалов [3]

Нормативное направление изучает уровень доверия между акторами, а также нормы, правила и санкции, которые влияют на поведение акторов в социальной сети и процессы их взаимодействий. В этом случае анализируются социальные роли, которые связаны с данным ребром сети, например, отношения руководителя и подчиненного, дружеские или родственные связи. Комбинация индивидуальных и сетевых ресурсов актора с нормами и правилами, действующими в данной социальной сети, образует его «сетевой капитал». В упрощенном виде «сетевой капитал» можно рассматривать как сумму некоторых преимуществ, которые актор может получить в произвольный момент времени для достижения некоторой цели.

Динамический подход - акцентирующее внимание на изменениях в сетевой структуре с течением времени. Изучаются причины исчезновения и появления ребер сети; изменения структуры сети при внешних воздействиях; стационарные конфигурации социальной сети.

Социальная сеть определяется как набор из g социальных акторов и g ненаправленных социальных отношений, показывающих как акторы взаимодействуют друг с другом. Обозначим множество акторов как $N = \{1, 2, \dots, g\}$, множество социальных отношений как $R = \{1, \dots, r\}$ и множество возможных взаимодействий акторов как $T = N \times N$. Тогда каждое социальное отношение может быть задано матрицей X размера $g \times g$. [6]

В рассматриваемом случае мы имеем r социальных отношений χ_1, \dots, χ_r . Обозначим соответствующие им матрицы связности как X_1, \dots, X_r . Можно рассматривать пересечение $\chi_m \cap \chi_n$ отношений χ_m и χ_n , задаваемое матрицей $X_m \cap X_n$:

$$(X_m \cap X_n)_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (X_m)_{ij} = 1 \text{ и } (X_n)_{ij} = 1 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Композиция отношений $\chi_m \chi_n$ задается матрицей $X_m X_n$:

$$(X_m X_n)_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } (X_m)_{ij} = 1 \text{ и } (X_n)_{ij} = 1 \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Направленный путь длины d из вершины i в вершину j определяется как набор вершин $\{i = i_1, i_2, \dots, i_d = j\}$, такой что $x_{i_1 i_2} x_{i_2 i_3} \dots x_{i_{d-1} i_d} = 1$. Самый короткий путь из вершины i в вершину j будем называть дистанцией или расстоянием между этими вершинами и обозначим его длину как $d(x_i, x_j) = d_{ij}$. Величина расстояния не определена, если не существует пути между данными вершинами. Будем называть граф, в котором некоторые расстояния не определены, несвязным графом или графом, состоящим из нескольких компонентов.

Для каждого социального отношения рассматриваются большой набор статистик. Укажем лишь наиболее часто используемые из них.

Входную степень вершины

$$D_{in}(i) = \sum_j x_{ij}$$

Выходную степень вершины

$$D_{out}(i) = \sum_j x_{ij}$$

Число ребер:

$$L = \sum_{i,j} x_{ij}$$

Число симметричных (взаимных) диад, т.е. диад, где одновременно существуют ребра $i \rightarrow j$ и $j \rightarrow i$:

$$M = \sum_{i < j} x_{ij} x_{ji}$$

Число выходных звезд размера 2:

$$S_0 = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ij} x_{ik}$$

Число входных звезд размера 2:

$$S_1 = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ji} x_{ki}$$

Число смешанных звезд размера 2:

$$S_M = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ji} x_{ik}$$

Число циклических триад, т.е. таких троек ребер, что $i \rightarrow j$, $j \rightarrow k$, $k \rightarrow i$:

$$T_C = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ij} x_{jk} x_{ki}$$

Число транзитивных триад:

$$T_T = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ij} x_{jk} x_{ik}$$

Число не транзитивных триад:

$$T_I = \sum_{i \neq j \neq k} x_{ij} x_{jk} (1 - x_{ik})$$

Вводится также ряд статистик, описывающих гомогенные эффекты - число путей длины k ; среднее расстояние (близость); минимальное число ребер, удаление которых разбивает граф на несколько частей (связность); и индивидуальные свойства акторов - среднее расстояние от вершины i до остальных вершин; число путей, включающих вершину i (промежуточность).

Если акторы разбиты на несколько блоков, то определяется индикаторная переменная:

$$d_{ij,rs} = \begin{cases} 1, \text{если } _актор_i_находится_в_блоке_r_актор_j_в_s \\ 0, \text{в_противном_случае} \end{cases}$$

Основные методы анализа социальных сетей - методы теории графов, в частности, направленные графы и представляющие их матрицы, применяемые для изучения структурных взаимосвязей актора; методы нахождения локальных свойств субъектов, например, центральности, престижа, положения, принадлежности к некоторым подгруппам; методы определения эквивалентности акторов, включая их структурную

эквивалентность; блоковые модели и ролевые алгебры; анализ диад и триад; вероятностные модели, включая модели марковских процессов и др.

Начиная с 40-х годов прошлого столетия западными специалистами ведётся разработка алгоритмов, используемых для использования при анализе социальных сетей. В 60-е годы создаются первые программные приложения в данной сфере. [6]

Среди самых известных на сегодняшний день являются: SONIS (Pappi, Kappelhoff); UCINET (Freeman); GRADAP (Mokken, Sockman); SONET (Siedman, Foster); NEGOPY (Richards); STRUCTURE (Burt).

Данные программные средства, разработанные в 80-е года прошлого века легли в основу дальнейших разработок специализированных программных решений в данной сфере. Среди которых выделяют [8].

Программы конвертации форматов данных: Adj2Neg – конвертация смежных метрик в данные стиля NEGOPY приложения; Neg2Adj – то же наоборот; Free2Fix – программа парсинга и конвертации файлов свободного формата данных в фиксированный, а так же в формат данных приложения MultiNet.

Программы сбора сетевых данных: Network Genie – он-лайн (online) приложения для построения и управления проектов социальных сетей.

Программы для анализа сетей: AGD; Agna; Apache Agora; Carter's Archive of S Routines; Cytoscape; daVinci; Doug White's software for kinship network analysis that runs with exports to pajek and UCInet; DyNet; Ecosystem Network Analysis; Egonet ; EigTool; FATCAT; gem3Ddraw; GLAD;GRADAP; GraphEd; Graphlet; GraphPlot; GraphViz; IKNOW; InFlow; Javvin Network Packet Analyzer 4.0; JUNG; KeyPlayer; CliqueFinder; KrackPlot; LinkaLyzor™, from MDLogix, Inc.; MDLogix, Inc has released VisuaLyzor™.; MetaSight; Moviemol; MultiNet; NEGOPY; NetForm Network Analysis Software; NetMiner; NetVis; Noldus; PSPAR; p* Logit Models (Stan Wasserman) ; Pajek; PermNet; ReferralWeb; SIENA; SNAPS; SocioMetrica LinkAlyzer; Social Network Analysis Functional Utility (SNAFU) ; Social Network Visualiser for Linux (SocNetV), ; Sparse Matrix Package ;StOCNET ;Shunra's network simulation software ;Tom Sawyer Software ;Tulip ;UCINET; visone; VisuaLyzor™ 1.1 from MDLogix, Inc.;Walsh's Classroom Sociometrics.; yFiles; ZO и др.

Реализация метода анализа социальной сети и выводы. Рассмотрим пример социальной сети, основанной на взаимоотношении сотрудников некоторой кафедры высшего учебного заведения, ведущих подготовку специалистов интересующего нас IT-профиля. С данной кафедрой сотрудничают 5 компаний, сотрудничество проявляется как через взаимоотношения с заведующим, так и через сотрудников кафедры, непосредственно работающих с данными компаниями.

Начальные данные для построения сети собираются путём анкетирования сотрудников данной кафедры. Содержание опросника связано с

взаимодействием сотрудников между собой в процессе работы и с данными компаниями.

Таким образом, модель социальной сети состоит из 31 актора (5+26 сотрудники). В данном примере обозначено только присутствие или отсутствие связи, для этого используется бинарная система знаков, в которой 1 – присутствие связи, 0 – отсутствие связи. Данную модель удобно представить в виде некоторого графа.

Построим данную сеть, используя программу NetDraw v2.075 [8]. Входными данными в этом случае является файл в формате “UciNet DL text file”. Фрагмент содержания файла:

```
dl
n=31
labels embedded
format = fullmatrix
data:
      K_Tels K_Nix K_Valid K_Sign K_Khartp Strat God Kyk Ersh...
K_Tels 0 0 0 0 0 0 1 1 0
K_Nix 0 0 0 0 0 0 1 0 0
K_Valid 0 0 0 0 0 0 1 0 0
K_Sign 0 0 0 0 0 0 1 0 0
K_Khartp 0 0 0 0 0 0 1 0 0
Strat 0 0 0 0 0 0 1 0 1
God 0 0 0 0 0 1 1 0 0
Kyk 0 0 0 0 0 1 1 1 0
Ersh 0 0 0 0 0 1 1 0 0
...
```

где *dl* – метка формата файла, *n=31* – сколько вершин, далее формат графа, указывающий что данные представлены в виде матрицы достижимости и вершины имеют метки. В нашем случае метка «K_(имя)» указывает что это компания, в остальном случае – метки-имена сотрудников кафедры. Матрица достижимости составлена по результатам обработки данных респондентов.

На рис. 1 показывается общий вид графа, построенного по матрице достижимости.

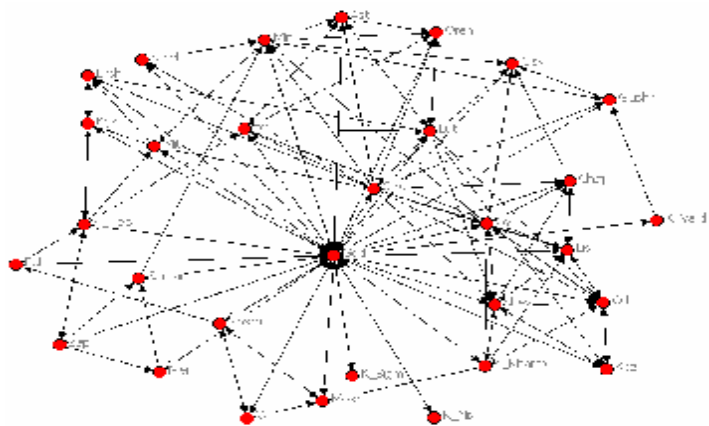


Рис. 1. Граф

С точки зрения структурного подхода [3] при анализе социальных сетей, интерес представляет геометрическая форма сети, интенсивность взаимодействия акторов. Из изображения видны явные триады – подгруппы, сформировавшиеся в коллективе кафедры ({Kosm,Vol,Mosk}, {Gyz,Chaj,Lis}, {Samar,Zap,Men}, {Shev.Orl,Koz} и др.), что может свидетельствовать о центрах сосредоточения и интенсивного обмена информацией, как основного сетевого капитала, в данном случае. Другой важной характеристикой является центральность отдельных акторов. Существует несколько подходов для определения центральности акторов[3]:

Центральные акторы соответствуют тем вершинам сети, которые имеют наибольшее число ребер, т.е. имеют наибольшую степень.

Центральная вершина - это вершина, для которой расстояние до остальных вершин сети минимально

Мера промежуточности или степень включенности данного актора в маршруты между другими акторами.

$$C(x_i) = \frac{S(x_i)}{S(G)},$$

где $S(G) = \sum_{i=1}^n S(x_i)$ - общая сумма дистанций в графе [3].

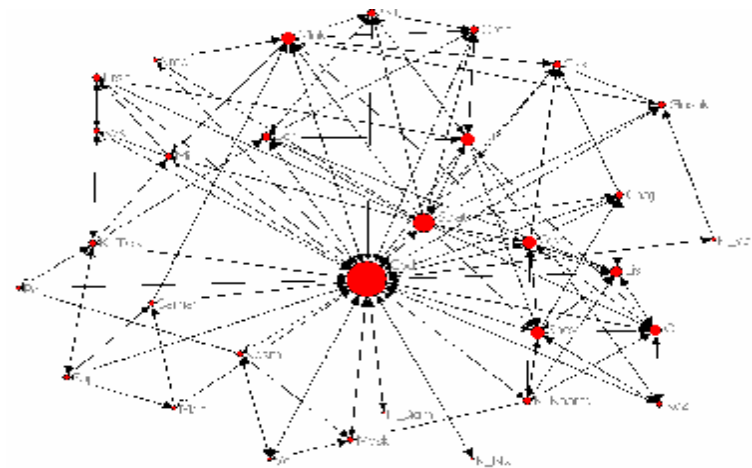


Рис. 2. Граф степени центральности акторов сети

Центральность тем больше, чем больше радиус вершины (рис. 2). Акторы «God», «Start», «Mlnk», «Shev», «Lut», «Gyz», «Lis», «Orl» и др. имеют

большую вероятность получить информацию, циркулирующую в сети, и контролировать распространение этой информации, а также путь от этих акторов к другим акторам является наиболее простым. Также можно сказать что актор «God» - является «точкой сочленения» (cutpoint) сети. Удаление данного актора произведет к разрушению сети на блоки, потере контактов с организациями «K_Sigm», «K_Nix».

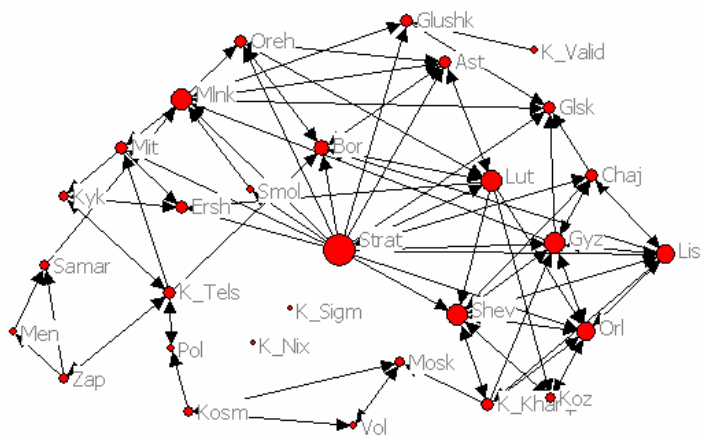


Рис. 3. Отсутствие самого центрального актора сети.

В данной статье показан подход к решению проблемы поиска и объединения специалистов в области информационных технологий. Описаны определения и основные методы, используемые при исследовании в данном направлении, а также приведен краткий обзор информационных программных средств, позволяющих осуществлять данное исследование. Показан пример построения модели социальной сети, используя программное средство NetDraw v2.075. Произведен анализ данной сети, выявлены основные структурные характеристики.

Список литературы: 1.IT-ware: Новости 19 сентября 2002 г. Информационный портал: http://itware.com.ua/news/2002/09/19/KvazarMicro_Telesens_KMTS.html. 2. Granovetter M. The Sociological Approaches to Labor Market Analysis: A Social Structural View / Granovetter I., Swedberg R. (eds.) The Sociology of Economic Life. Boulder, Westview Press, 1992. P. 244-245. 3. Чураков А.Н. Анализ социальных сетей // Социологические исследования. – 2001. - № 1. – С. 109 – 121. 4. Wasserman S., Faust K. Social Network Analysis: Methods And Applications. New York: Cambridge University Press, 1994. 5. Градосельская Г.В. Анализ социальных сетей: Автореф. дис. ...канд. соц. наук. М., 2001. – 33 с. 6. Linton C. Freeman. Visualizing Social Groups. American Statistical Association 1999 Proceedings of the Section on Statistical Graphics, 2000, 47-54. 7 Linton C. Freeman. Computer Programs and Social Network Analysis. Connections, 11, 1988, 26-31. 8 Computer Programs for Social Network Analysis. INSNA. Информационный портал: <http://www.insna.org>.

Поступила в редколлегию 28.05.08

А. С. МАЗМАНИШВИЛИ, д-р физ.-мат. наук, профессор НТУ «ХПИ»,
О. Я. НИКОНОВ, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПИ»

ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО ПРОФИЛЮ, ВОЗМУЩЕННОМУ ДРОБОВЫМ И БЕЛЫМ ШУМАМИ, И БОЛЬШИЕ УКЛОНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЕГО КОРПУСА

Розглянута задача моделювання руху транспортного засобу по випадковому профілю, що збурений дією типу білого шуму та дробового шуму. Приведено статистичні характеристики (гістограми, кумуляти) вертикальних і повздожно-кутових коливань корпусу при руху транспортного засобу по збуреному профілю. Наведено статистичні характеристики великих відхилень корпусу від рівноваги.

Рассмотрена задача моделирования движения транспортного средства по случайному профилю, создаваемому воздействию типа белого шума и дробового шума. Приведены статистические характеристики (гистограммы, кумуляты) вертикальных и продольно-угловых колебаний корпуса при движении транспортного средства по возмущенному профилю. Описаны статистические характеристики больших отклонений корпуса от равновесия.

The problem of modeling of moving a transport vehicle on the random profile, create influence of type of the white noise and the shot noise is considered. The statistical features (histograms, cumulates) vertical and is longitude-angular body fluctuations when moving a transport vehicle on the outrage profile is obtained. The statistical characteristics of the great runarounds of body from the balance are described.

Введение. Хорошо известно, что устройства автоматизации, установленные на транспортных средствах и других машинах, эффективны, когда их элементы правильно настроены [1, 2]. Эффективным подходом проектирования транспортных средств является моделирование динамических процессов в режиме реального времени [3, 4]. Необходимо отметить, что само моделирование необходимо осуществлять с учетом реальных свойств среды, что особенно важно для специальных транспортных средств высокой проходимости. При численном моделировании, как правило, в качестве возмущающего фактора, ассоциируемого со свойствами профиля, применяется стохастическое моделирование, основанное на использовании процесса «белого» шума, аналогично поступают при решении задач управления или оптимизации [5]. Между тем, применение белого шума связано с наличием достаточно большого количества возмущающих факторов, имеющих относительно малую интенсивность. Факторы (импульсы), которые, возможно, действуют разрушительно, имеют в соответствии с законом больших чисел [6] малую вероятность. Эта вероятность быстро уменьшается с увеличением амплитуды разрушающего фактора. Однако утверждения такого типа мало подействуют на пользователя транспортного средства, если авария все-таки имела место. Вдоль профиля

движения всегда можно ожидать наличие различных возмущений, будь то натурального или искусственного происхождения, в том числе и большой амплитуды. Профиль пересеченной местности, по которой движутся специальные транспортные средства, содержит такие препятствия, как ямы, рвы, бревна, элементы железобетонных конструкций и т.п. Для описания профилей такого рода в транспортных задачах численного моделирования необходимо применение стохастических процессов, свойства которых приближены к указанным возмущениям, а значит, отличными от свойств белого шума. Известный процесс «дробового» шума [7], как представляется, может быть использован в указанных задачах.

Цель работы. Целью настоящей работы является проведение численного моделирования транспортной задачи с применением стохастических шумов обоих указанных видов (дробового и белого) и последующим сравнением результатов. При этом особое внимание уделяется характеристикам больших уклонений корпуса от равновесия.

Постановка задачи. Для упругих колебаний корпуса транспортного средства математическая модель возмущенного движения может быть записана в виде системы линейных дифференциальных уравнений. Пользуясь обозначениями, приведенными в [5], запишем следствие из этой системы в форме дифференциального уравнения для формирующего динамического звена

$$T_1^2 \ddot{x}(t) + T_2 \dot{x}(t) + q(t) = k_y x(t). \quad (1)$$

Дифференциальное уравнение (1) моделирует случайную функцию $q(t)$, порожденную возмущением $x(t)$ в правой части.

В настоящей работе проведено моделирование временной эволюции решения уравнения (1) и сопоставление его результатов для обоих видов шума. Численное моделирование было проведено для скорости движения транспортного средства $V = 10 \text{ м/с}$. Параметры звена выбирались следующие: $T_1 = 0.166 \text{ с}$, $T_2 = 1.660 \text{ с}$; $k_y = 0.57 \text{ м}$ [5]. В уравнении (1) в качестве возмущающей функции $x(t)$ может быть использована помеха рассматриваемого типа. Обычно [5] в качестве помехи применяется случайная функция типа «белого» шума. Именно шум такого рода наиболее часто используется в задачах стохастического моделирования. В настоящей работе на известном примере [4] в качестве шума использована помеха типа именно «дробового» шума [7].

Система дифференциальных уравнений (1) может быть записана в стандартном виде Коши:

$$\dot{X} = AX + bX(t). \quad (2)$$

В этом уравнении введены следующие обозначения, которые вытекают из (1): $X = (\dot{x}(t), x(t))^T$ – вектор состояния системы (решение уравнения (2)); $x(t)$ – возмущающее воздействие вида дробового шума или белого шума в правой части системы; A – матрица системы; b – вектор коэффициентов правой части системы уравнений.

Дробовой и белый шум. Рассмотрим теперь систему (2) с правой частью – дробовым $x_s(t)$ шумом или белым $x_w(t)$ шумом. Приведем определения используемых при моделировании параметров: s_s – среднеквадратичные амплитуды импульсов дробового шума; t – средний временной интервал между импульсами; K – количество импульсов дробового шума, используемое при моделировании (удобно значение параметра K выбирать так, чтобы изучить эволюцию системы за временной интервал, равный 100 с); s_w – среднеквадратичные амплитуды импульсов белого шума; N – количество импульсов белого шума.

При получении численного решения уравнения (2) был выбран одношаговый метод Эйлера решения дифференциального уравнения. Известные другие методы (например, метод Рунге-Кутты) оказались неприменимыми в рассматриваемой стохастической модели, поскольку их алгоритмы содержат многократный вызов правой части уравнения, что приводит к нарушению энергетического баланса между шумами рассматриваемых видов и потому противоречит самому уравнению (2).

При численной реализации необходимо выбрать шаг h численного интегрирования рассматриваемых дифференциальных уравнений или, что эквивалентно, общее количество шагов N на временном интервале решения. Для всего интервала в 100 с оказалось достаточным выбрать $h = 0.001 \text{ с}$, т.е. всего количество N шагов интегрирующего алгоритма составило $N = 100000$. Таким образом, фактически в качестве белого шума был применен высокочастотный «решетчатый» шум.

Дробовой шум $x_s(t)$ задается как последовательность дельтаобразных импульсов ($k = 1, 2, 3, \dots$)

$$x_s(t) = \sum_k a_k d(t - t_k), \quad (3)$$

обладающими следующими свойствами:

а) каждая амплитуда a_k независимо от остальных амплитуд из набора $\{a_k\}$ подчиняется нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной s_s^2 ;

б) каждый из временных интервалов $t_k = t_k - t_{k-1}$ между последовательными ударами ($k=1,2,3,\dots$) является независимой случайной величиной и подчиняется экспоненциальному закону с параметром (средним интервалом) \bar{t} , который согласован с общим количеством ударов на всем временном промежутке.

Белый шум $x_w(t)$ рассматривается как предел последовательности дробовых шумов $\{x_s(t)\}$, у которых количество ударов K растет, а интенсивность этих ударов S_s^2 уменьшается таким образом, что средняя энергия за выбранный промежуток времени остается неизменной.

Для обеспечения энергетической эквивалентности примем, что энергии возмущающих воздействий на всем временной интервале поиска решения совпадают. Таким образом, имеем

$$KS_s^2 = N k_y^2 S_w^2, \quad (4)$$

поэтому если заданы три величины, то из (4) можно найти значение четвертой.

Результаты численного моделирования. Ниже приведены результаты численного моделирования системы (2) с воздействием в виде дробового или белого шума. На приводимых рисунках результаты изложены парами, при этом везде левый рисунок относится к случаю дробового шума, а правый – к случаю белого шума. Для удобства расчетов везде было принято значение $S_s = 1$. Количество ударов K дробового шума было выбрано таким образом, чтобы в среднем имел место 1 удар за одну секунду.

На рис. 1 приведены временные эпюры смоделированных профилей $q(t)$. На левом из них видна «ударная» структура порождающего дробового шума $x_s(t)$. Число импульсов N белого (решетчатого) шума велико, поэтому справа на рис. 1 практически видна сплошная полоса с относительно небольшими выбросами.

На основании построенного профиля $q(t)$ можно осуществлять численное моделирование движения транспортного средства. Формулировка условий и значения параметров такого моделирования достаточно громоздки и полностью приведены в работе [5]. Настоящая работа отличается от [5] полномасштабностью моделирования и учетом влияния шумов указанных двух типов.

На рис. 2 приведены временные эпюры вертикальных колебаний звена $Z(t)$ под воздействием дробового шума (слева) и белого шума (справа). Обращает на себя внимание заметное различие типов движения.

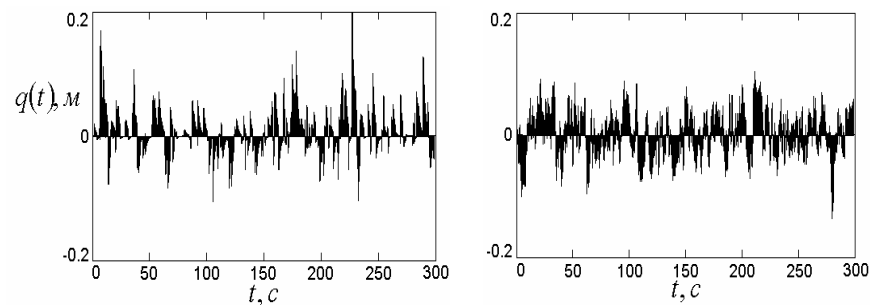


Рисунок 1. Профиль $q(t)$ движения типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

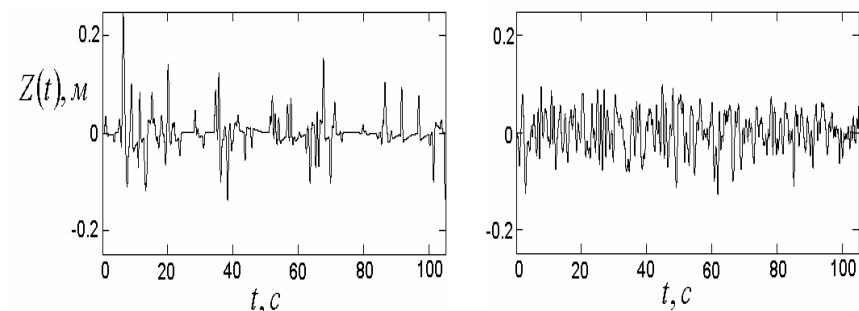


Рисунок 2. Пример реализации вертикальных колебаний $Z(t)$ корпуса транспортного средства под воздействием профиля типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

На рис. 3 приведены временные эпюры для продольно-угловых колебаний корпуса $f(t)$.

Аналогичные приведенным зависимости были получены в ряде разнообразных численных экспериментов, в ходе которых увеличивалось число шагов N численного алгоритма и связанного с этим число N возмущений белого шума.

Вероятности больших уклонений. На нижеследующих рис. 4-5 представлены полученные в ходе численных экспериментов эмпирические вероятности (кумуляты) F_z^* в области уклонений вертикальных амплитуд $|Z(t)|$ и кумуляты F_f^* амплитуд продольно-угловых уклонений $|f(t)|$.

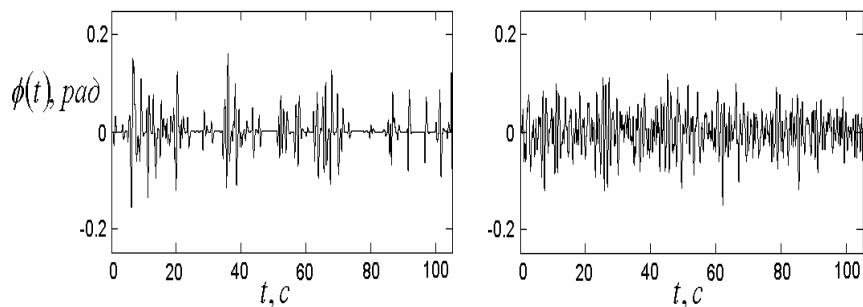


Рисунок 3. Пример реализации продольно-угловых колебаний $f(t)$ корпуса транспортного средства под воздействием профиля типа дробового шума (слева) и белого шума (справа)

На рис. 4-5 результат воздействия дробового шума указан сплошной кривой, белого шума – прерывистой. Из рисунков видно, что, начиная с некоторой амплитуды Z_L (место пересечения кривых), определяющее влияние на эмпирические вероятности F_Z^* имеют именно возмущения типа дробового шума. Для амплитуд, меньших по модулю Z_L , система в основном находится в состоянии, близком к равновесному. Однако, импульсное воздействие, присущее дробовому шуму, определяет статистическую обстановку в наиболее критической области – районе больших уклонений амплитуд $|Z| > |Z_L|$. Аналогичная ситуация характерна и для продольно-угловых колебаний. Для них также существует критическая амплитуда f_L колебаний, начиная с которой вероятность F_f^* в основном определяется дробовым воздействием.

Заклучение. Из приведенных зависимостей видна картина временной эволюции системы. А именно, компоненты вектора состояния, изменяясь под воздействием импульсов дробового шума, в основном, находятся в окрестности равновесной нулевой точки. Такого рода поведение системы определяется большим значением декремента системы и малого времени затухания. В основном, система находится в стационарной области. Указанные свойства системы оказываются совпадающими для шумов обоих видов. Близкими оказались и размеры стационарных областей. Все эти свойства позволяют говорить о возможности и целесообразности выполнения моделирующих экспериментов в стохастических системах с применением дробового шума.

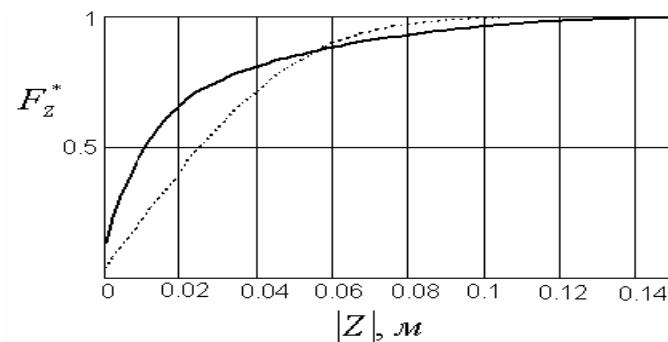


Рисунок 4. Кумулята вертикальных уклонений $|Z(t)|$

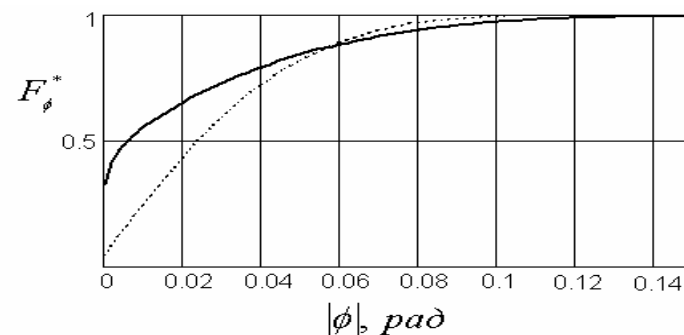


Рисунок 5. Кумулята продольно-угловых уклонений $|f(t)|$

Список литературы: 1. Александров Е. Е., Богаенко И. Н., Кузнецов Б. И. Параметрический синтез систем стабилизации танкового вооружения. – К.: Техніка, 1997. – 112 с. 2. Александров Е. Е., Волонцевич Д. О., Карпенко В. А. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 642 с. 3. Александров С. С., Кюрчев В. Н. О возмущениях, действующих на пушку при движении танка по пересеченной местности // Механіка та машинобудування. – 2002. – № 1. – С. 93–96. 4. Александров Е. Е., Борисюк М. Д., Кузнецов Б. И. Параметрическая оптимизация многоканальных систем автоматического управления. – Харьков: Основа, 1995. – 272 с. 5. Александров Е. Е., Пидашов В. В. Повышение точности наводки танковой пушки рациональным выбором параметров стабилизатора и ходовой части // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2006. – № 4. – С. 23-26. 6. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – М.: Наука, 1991. – 384 с. 7. Тихонов В. И., Миронов М. А. Марковские процессы. – М.: Сов. радио, 1977. – 488 с.

Поступила в редколлегию 30.05.08

О. Б. АХІЄЗЕР, канд. техн. наук,
О. Є. ПІРОТТИ, канд. техн. наук,
О. М. ПРОХОРОВА, канд. фіз.-мат. наук

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕСТАЦІОНАРНИХ СТОХАСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА БАЗІ КОРРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ

В статті проаналізована можливість одержання математичних моделей для кореляційних функцій стохастичних процесів, якщо ці функції задовольняють відомим диференціальним рівнянням. Крім того, за допомогою трикутних моделей операторів, що визначають нестационарний стохастичний процес, отримані математичні моделі для інфінітезимальних кореляційних функцій, на базі яких можливо одержувати зображення для кореляційних функцій нестационарних процесів.

В статье проанализирована возможность получения математических моделей для корреляционных функций стохастических процессов, если эти функции удовлетворяют известным дифференциальным уравнениям. Кроме того, с помощью треугольных моделей операторов, которые определяют нестационарный стохастический процесс, получены математические модели для инфинитезимальных корреляционных функций, на базе которых возможно получать изображение для корреляционных функций нестационарных процессов.

In the article the possibility of receipt of mathematical models is analysed for the correlation functions of stochastic processes, if these functions satisfy the known differential equations. Besides, by the three-cornered models of operators which determine an unstationary stochastic process, mathematical models are received for infinitesimal correlative functions on the base of which it is possible to get image for the correlation functions of unstationary processes.

Розглянемо випадковий процес $x(t)$ як криву в гільбертовому просторі H , відтворюючим ядром якого є кореляційна функція $K(t, s) = \langle x(t), x(s) \rangle$ [1]. Оскільки ядро $K(t, s)$ по суті визначає криву $x(t)$ в гільбертовому просторі H , то характерні властивості $x(t)$ виявляються у властивостях $K(t, s)$. Вивчимо випадкові процеси $x(t)$ в H , породжувані завданням Коші [2]:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t) \\ x(0) = z_0 \end{cases} \quad (1)$$

При певних обмеженнях на $A(t)$, які зручно формувати в термінах $K(t, s)$, можна провести аналіз випадкового процесу $x(t)$. У прикладних завданнях часто приходять до рівнянь в приватних похідних для кореляційної функції $K(t, s)$. У зв'язку з цим представляють інтерес класи нестационарних еволюційно уявних випадкових процесів, що породжуються рівняннями для

кореляційної функції, при цьому для оператора $A(t)$ виходять нелінійні еволюційні операторні рівняння. Вирішення цих рівнянь в явному вигляді дозволяє отримувати нові спектральні розкладання окремих класів нестационарних випадкових кривих.

Якщо кореляційна функція задовольняє рівнянню $\frac{\partial^2 K}{\partial t \partial s} - aK = 0$, де a – дійсна постійна величина. Обчислимо виставу для функції $\frac{\partial^2 K}{\partial t \partial s}$ коли випадковий процес має вигляд $x(t) = e^{iAt} x(0)$:

$$\frac{\partial^2 K}{\partial t \partial s} = \langle iA e^{iAt} x_0, iA e^{iAs} x_0 \rangle \quad (2)$$

Оскільки для всякого обмеженого лінійного оператора A існує єдиний спряжений до оператора A оператор A^* , такий, що при будь-яких $x(t)$ і $x(s)$ виконується рівність:

$$\langle Ax(t), x(s) \rangle = \langle x(t), A^* x(s) \rangle, \quad (3)$$

для виразу кореляційної функції $K(t, s)$ маємо:

$$\langle (A^* A - aI)x(t), x(s) \rangle = 0. \quad (4)$$

Оскільки не існує функції, ортогональної всім функціям системи $\{x(s)\}_s$ в просторі, то ця система функцій є повною в даному просторі. Отже, для виконання умови (4) необхідно щоб:

$$A^* A - aI = 0. \quad (5)$$

Якщо I_0 є власним значенням оператора A кратності ν_0 , то \bar{I}_0 – власне значення сопряженого оператора A^* тієї ж кратності. Тоді:

$$A(A^* x(t)) = A(\bar{I}_0 x(t)) = \bar{I}_0 Ax(t) = \bar{I}_0 I_0 x(t) = |I_0|^2 x(t).$$

Таким чином, спектр оператора $A^* A$ лежить на позитивній піввісі і рівняння (5) може мати рішення лише при $a \geq 0$, причому якщо $a = 0$, то оператор $A = 0$ (в цьому випадку кореляційна функція $K(t, s) = const$).

Введемо новий оператор \hat{A} :

$$\hat{A} = \frac{1}{\sqrt{a}} A. \quad (6)$$

Оператор \hat{A} відображає простір $L^2_{[0,2p]}$ на весь простір $L^2_{[0,2p]}$ цілком, тобто оператор є унітарним. Будь-який унітарний оператор допускає спектральне розкладання [3]

$$\hat{A} = \int_0^{2p} e^{iI} dE_I, \quad (7)$$

де $\{x_I\}$ – спектральне сімейство, задане на відрізку $0 \leq I \leq 2p$.

Тепер можливо знайти явний вигляд стохастичного процесу в термінах спектрального розкладання оператора A :

$$x(t) = e^{itA} x_0 = e^{it\sqrt{a}\hat{A}} x_0.$$

Скористаємося розкладанням експоненти в ряд Тейлора [3]:

$$e^{it\sqrt{a}\hat{A}} x_0 = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\left(it\sqrt{a}\hat{A}\right)^n}{n!} x_0. \quad (8)$$

Тепер з'ясуємо який вигляд має оператора $\left(\hat{A}\right)^n$. У загальному випадку, хай оператор U – унітарний оператор в просторі $L^2_{[0,2p]}$. Розглянемо розбиття відрізка $[0,2p]$ точками $0 = y_0 < y_1 < \dots < y_n = 2p$, що задовольняє умові $|y_k - y_{k-1}| \leq \epsilon$. Виберемо в кожному з інтервалів (y_{k-1}, y_k) довільну точку j_k . Із визначення спектральної функції виходить, що оператори $E_{y_k} - E_{y_{k-1}}$ для будь-якого інтервалу (y_k, y_{k-1}) є оператори проектування [4]. Оскільки інтервали (y_k, y_{k-1}) ($k = \overline{1, n}$) попарно не перетинаються, то $(E_{y_k} - E_{y_{k-1}})(E_{y_j} - E_{y_{j-1}}) = 0, k \neq j$.

Таким чином, проекційні оператори взаємно ортогональні, тому для будь-якого цілого $r \geq 0$

$$\sum_{k=1}^n e^{irj_k} (E_{y_k} - E_{y_{k-1}}) = \left[\sum_{k=1}^n e^{ij_k} (E_{y_k} - E_{y_{k-1}}) \right]^r,$$

$$\sum_{k=1}^n e^{-irj_k} (E_{y_k} - E_{y_{k-1}}) = \left[\sum_{k=1}^n e^{-ij_k} (E_{y_k} - E_{y_{k-1}}) \right]^r \Rightarrow (U^+)^r = U^{-r},$$

$$\text{отже } \int_0^{2p} e^{inj} dE_j = U^n \quad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots).$$

Скористаємося отриманою формулою і повернемося до виразу (8)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{\left(it\sqrt{a}\hat{A}\right)^n}{n!} x_0 = \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{2p} \frac{\left(it\sqrt{a}e^{iI}\right)^n}{n!} dE_I x_0 = \int_0^{2p} e^{it\sqrt{a}e^{iI}} dE_I x_0.$$

Позначимо

$$j(t, I) = \int_0^{2p} e^{it\sqrt{a}e^{iI}} dE_I x_0. \quad (9)$$

$$\text{Тоді } K(t, s) = \langle j(t, I) j(s, I) \rangle_{L^2_{[0,2p]}}.$$

У просторі скалярний добуток обчислюється за формулою $\langle f, g \rangle_{L^2} = \int_0^1 f(x) \overline{g(x)} dx$. Значить,

$$K(t, s) = \int_0^{2p} j(t, I) \overline{j(s, I)} dF(I) = \int_0^{2p} e^{it\sqrt{a}e^{iI} - is\sqrt{a}e^{-iI}} dF(I),$$

де $F(I) = \langle E_I x_0, x_0 \rangle$.

Враховуючи, що $e^{iI} = \cos I + i \sin I$, $e^{-iI} = \cos I - i \sin I$ отримаємо остаточний результат: $K(t, s) = \int_0^{2p} e^{i(t-s)\sqrt{a} \cos I - i(t+s)\sqrt{a} \sin I} dF(I)$.

Покажемо, що випадок, що розглядається вище, відповідає деякому коливальному процесу. Якщо A – самоспряжений оператор, що має вигляд

$$A = \begin{pmatrix} 0 & iw \\ -iw & 0 \end{pmatrix}, \quad (10)$$

де w – деяка постійна величина.

Тоді $\mathbf{x}(t) = \{f_1(t), f_2(t)\}$ - двовимірний вектор в просторі l^2 . Координати $f_j(t)$, $(j = 1, 2)$ задовольняють наступній системі рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{df_1}{dt} = -wf_2 \\ \frac{df_2}{dt} = wf_1 \end{cases}, \quad (11)$$

Система (11) може бути представлена у вигляді рівняння $-i \frac{d\mathbf{x}}{dt} = A\mathbf{x}$, розв'язком якого є випадковий процес $\mathbf{x}(t)$. Якщо ввести координати $f_1 = \sqrt{m} \cdot \mathbf{x}$, $f_2 = \sqrt{k} \cdot \mathbf{x}$ тоді $w = \sqrt{k/m}$ та ми отримуємо простий приклад – рівняння коливальних осциляторів: $m\ddot{\mathbf{x}} + k\mathbf{x} = 0$.

Оскільки, оператора A ввели як самоспряжений оператор, той вираз прийме вигляд

$$A^2 - aI = 0. \quad (12)$$

Підставляючи у вираз (12) виставу для оператора A (10) отримаємо:

$$\begin{pmatrix} 0 & iw \\ -iw & 0 \end{pmatrix}^2 - aI = \begin{pmatrix} w^2 & 0 \\ 0 & w^2 \end{pmatrix} - aI = (w^2 - a)I = 0.$$

Отже $a = w^2$. Тоді кореляційна функція даного випадкового процесу задовольняє рівнянню $\frac{\partial^2 K(t, s)}{\partial t \partial s} - \frac{k}{m} K(t, s) = 0$.

Якщо $K(t, s)$ задовольняє рівнянню

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2}{\partial s^2} \right) K(t, s) = 0. \quad (13)$$

Для ермітової позитивності функції $K(t, s)$ припустимо, що $A(t) = iA$. Для випадкового процесу $\mathbf{x}(t)$ маємо:

$$\frac{\partial^2 K}{\partial t^2} = \left\langle \left(\frac{dA(t)}{dt} + A^2(t) \right) \mathbf{x}(t), \mathbf{x}(s) \right\rangle, \quad \frac{\partial^2 K}{\partial s^2} = \left\langle \mathbf{x}(t), \left(\frac{dA(s)}{ds} + A^2(s) \right) \mathbf{x}(s) \right\rangle$$

Тоді отримуємо співвідношення

$$\left\langle \left(\frac{dA}{dt} + A^2(t) \right) \mathbf{x}(t), \mathbf{x}(s) \right\rangle = \left\langle \mathbf{x}(t), \left(\frac{dA}{ds} + A^2(s) \right) \mathbf{x}(s) \right\rangle. \quad (14)$$

Позначаючи $B(t) = \frac{dA(t)}{dt} + A^2(t)$, отримуємо

$$\langle B(t)\mathbf{x}(t), \mathbf{x}(s) \rangle = \langle \mathbf{x}(t), B(s)\mathbf{x}(s) \rangle.$$

У тому випадку, коли $B(t)$ не залежить від t , з (14) витікає, що $B = B^*$, а для $A(t)$ одержуємо операторне рівняння Ріккати: $\frac{dA}{dt} + A^2 = B$. Для випадкового процесу $\mathbf{x}(t)$ отримуємо диференціальне рівняння другого порядку із постійним операторним коефіцієнтом $\mathbf{x}''(t) = B\mathbf{x}(t)$.

Якщо скористатися спектральним розкладанням і шукати вирішення рівняння у вигляді

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} j(t, I) dE_I,$$

то для функції j отримуємо скалярне рівняння Ріккати [4]

$$\frac{dj}{dt} + j^2 = I$$

розв'язок якого має вигляд $j(t, I) = \sqrt{I} \operatorname{th} \sqrt{I} t$ і, отже

$$A(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \sqrt{I} \operatorname{th} \sqrt{I} t dE_I,$$

а для випадкового процесу $\mathbf{x}(t)$ одержуємо спектральний вигляд

$$\mathbf{x}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} ch \sqrt{I} t dz(I),$$

де $dz(I) = dE_I x_0$, тобто $z(t)$ – стандартна крива в просторі H з ортогональними приростами.

Для кореляційної функції $K(t, s)$ отримуємо:

$$K(t, s) = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} [ch \sqrt{I} (t - s) + ch \sqrt{I} (t + s)] dF(I),$$

де $\Delta F(I) = \langle z(I + \Delta I) - z(I), z(I + \Delta I) - z(I) \rangle$.

Якщо оператор $B(t) \geq 0$, тоді $I \in [0, +\infty)$ та для кореляційної функції $K(t, s)$ маємо

$$K(t, s) = \frac{1}{2} \int_0^\infty [ch\sqrt{I}(t-s) + ch\sqrt{I}(t+s)] dF(I).$$

Якщо оператор $B(t) \leq 0$, тоді $I \in (-\infty, 0]$ та отримуємо представлення для кореляційної функції $K(t, s)$:

$$K(t, s) = \frac{1}{2} \int_0^\infty [\cos\sqrt{I}(t-s) + \cos\sqrt{I}(t+s)] d\tilde{F}(I),$$

де $\tilde{F}(I) = -F(I)$.

Розглянемо як приклад оператора, що має наступний вигляд

$$A = \begin{pmatrix} 0 & iw_1 & iw_1 \\ -iw_1 & 0 & iw_2 \\ -iw_1 & -iw_2 & 0 \end{pmatrix}, \quad (15)$$

де w_1, w_2 – деякі постійні величини; $x(t) = \{f_1(t), f_2(t), f_3(t)\}$ – тривимірний вектор в просторі l^2 .

Координати, $f_j(t)$, ($j=1,2,3$) задовольняють наступній системі рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{df_1}{dt} = -w_1(f_2(t) - f_3(t)) \\ \frac{df_2}{dt} = w_1 f_1(t) - w_2 f_3(t) \\ \frac{df_3}{dt} = w_1 f_1(t) + w_2 f_2(t) \end{cases} \quad (16)$$

Тоді

$$Ax(t) = -i \begin{pmatrix} -w_1(f_2(t) - f_3(t)) \\ w_1 f_1(t) - w_2 f_3(t) \\ w_1 f_1(t) + w_2 f_2(t) \end{pmatrix} \quad (17)$$

Через завдання системи (16), маємо матричне представлення виразу (17):

$$-i \frac{dx}{dt} = A \cdot x,$$

вирішенням якої є випадковий процес $x(t) = e^{iAt} x(0)$.

Оскільки, оператор $A(t)$ не залежить від t , то для оператора $B(t)$ отримуємо наступну форму:

$$B(t) = \frac{dA}{dt} + A^2 = \begin{pmatrix} 0 & iw_1 & iw_1 \\ -iw_1 & 0 & iw_2 \\ -iw_1 & -iw_2 & 0 \end{pmatrix}^2 = \begin{pmatrix} 2w_1^2 & w_1 w_2 & -w_1 w_2 \\ w_1 w_2 & w_1^2 + w_2^2 & w_1^2 \\ -w_1 w_2 & w_1^2 & w_1^2 + w_2^2 \end{pmatrix}.$$

Якщо ввести координати, $f_1(t) = x(t)$, $f_2(t) = y(t)$, $f_3(t) = h(t)$, де $h(t)$ –

«білий шум», а постійним надати значення, $w_1 = \sqrt{\frac{T_2}{2T_1}}$, $w_2 = \sqrt{\frac{2}{T_1^2 T_2}}$, де T_1 ,

T_2 – деякі постійні часу динамічної ланки, тоді диференціювання першого рядка і підстановки в неї другого і третього рядків системи (16) дає рівняння

$$\frac{d^2 f_1}{dt^2} = -w_1 \left(\frac{df_2}{dt} + \frac{df_3}{dt} \right) = -2w_1^2 f_1 - w_1 w_2 (f_2 - f_3)$$

або

$$\begin{aligned} x(t) &= -\frac{T_2}{2T_1^2} x(t) + \sqrt{\frac{T_2}{2T_1^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{T_1^2 T_2}} h(t) - \sqrt{\frac{T_2}{2T_1^2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{T_1^2 T_2}} y(t) \\ T_1^2 x(t) + T_2 x(t) + y(t) &= h(t), \end{aligned}$$

що задає диференціальне рівняння динамічної ланки обуреного руху.

Список літератури: 1. Бродский В. М. Об операторных узлах и их характеристических функциях. – М.: ДАН СССР, 1971. № 1. – С. 16–19. 2. Лившиц М. С., Янцевич А. А. Теория операторных узлов в гильбертовых. – Харьков: Издательство Харьковского университета, 1971. – 160с. 3. Секельфари – Надь Б., Фоляш Ч. Гармонический анализ операторов в гильбертовом пространстве. – М.: Мир, 1970. – 460с. 4. Кратцер А., Франц В. Трансцендентные функции. – М., ИЛ, 1963, – 466с. 5. Лившиц М. С. Операторы, колебания, волны. – М., Наука, 1966. – 298с. 6. Ахизер Е. Б., Пиротти Е. Л. Операторный метод вычисления вероятностных характеристик случайных процессов в транспортных средствах. // Механика та машинобудування. – Харків: Вид-во Національного технічного ун-ту «ХПІ», 2002. - №1. – С.49-56.

Надійшла до редколегії 20.06.08

В. Л. ЛИСИЦКИЙ, канд. техн. наук,
Н. Г. ФОНТА, аспирант НТУ «КПИ»

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В статті розглядаються питання створення інформаційної технології, що дає змогу в інтерактивному режимі „користувач - ПЕОМ” розпізнавати проблемні ситуації, які виникають в процесі функціонування промислового підприємства.

В статье рассматриваются вопросы создания информационной технологии, которая дает возможность в интерактивном режиме «пользователь - ПЭВМ» распознавать проблемные ситуации, которые возникают в процессе функционирования промышленного предприятия.

In the article the questions of creation information technology are considered which enables in an interactive mode «user - PC » to distinguish problem situations, which arise during functioning of the industrial enterprise.

Введение. В процессе обеспечения заданного уровня конкурентоспособности (КС) предприятия возникают проблемные ситуации (ПС), связанные с увеличением отклонения фактической (прогнозной) траектории изменения уровня КС от плановой [1]. Рост возможностей компьютеров, средств телекоммуникаций, ввода-вывода, хранения данных обуславливает рост объемов информации, которые можно использовать для обнаружения и распознавания ПС. При этом традиционные схемы прямого использования данных в процессах диагностики текущей хозяйственной деятельности предприятия становятся все менее эффективными. В связи с этим актуальной проблемой использования компьютерных технологий для диагностики функционирования предприятия является перевод информационных технологий (ИТ) из области количественной обработки данных в зону содержательных аспектов функциональной диагностики хозяйственной деятельности предприятия в условиях конкурентной среды.

Постановка задачи. Объектом диагностики является хозяйственная деятельность промышленного предприятия, имеющего в своем распоряжении ограниченные ресурсы необходимого ассортимента и преобразующего их в соответствии с имеющимися технологиями в промышленные товары заданного заданной номенклатуры, стремящегося на продолжительном временном интервале обеспечить плановый уровень КС. Создаваемая диагностическая система должна устанавливать связь между фактом роста разрыва между фактической (прогнозной) и плановой траекторией изменения уровня КС и возможными причинами, обуславливающими этот разрыв. Возникшая и обнаруженная ПС может быть вызвана воздействием внешней

среды (ВС) на предприятие, воздействием предприятия на ВС, внутренним состоянием предприятия, определяемым его морфологией, структурой, функциями, сильными и слабыми сторонами и т. д. Взаимодействие этих факторов в комплексе и определяет зарождение и рост разрыва, складывающуюся ПС, может служить основой для ее распознавания. В связи с этим ставится задача создания ИТ, интегрирующей в себе количественные модели функционирования предприятия и экспертные процедуры распознавания ПС в сложных динамических условиях хозяйствования, характеризуемых иерархическими структурами, содержащими осязаемые и неосязаемые, количественные и качественные факторы влияния.

Общая схема решения задачи. Разработка интегрированной ИТ диагностики ПС требует структуризации процесса функциональной диагностики хозяйственной деятельности предприятия, путем выделения типовых стадий и этапов. Это позволяет детализировать предметную технологию (ПТ) функциональной диагностики текущей деятельности предприятия, проанализировать возможности создания на ее основе информационной технологии, контролирующей наибольшее число N различных классов ПС. Так как при выработке управленческих решений по преодолению возникшей ПС предполагается использовать технология вывода, основанную на прецедентах, то процедура функциональной диагностики функционирования предприятия состоит из следующих шагов:

- Формирование семейства классов акторов, взаимодействие которых определяет ПС (неблагоприятные факторы, акторы – функциональные зоны предприятия, сценарии – формализованные модели реализации компонент экономической стратегии, дерево целей, содержащее глобальную цель предприятия, его главные и основные цели).
- Построение опорной иерархической модели влияния компонент стратегии, функциональных зон на рост разрыва между плановой и фактической (прогнозной) траекториями изменения уровня КС предприятия.
- Коррекция опорной иерархической модели с учетом условий сложившейся внутренней и внешней обстановки. При коррекции иерархической модели множество Φ функциональных зон и множество C компонент стратегии базовой модели не изменяются. Состав и вероятности осуществления возможных сценариев поведения ВС, состав существенных основных целей предприятия формируются экспертами на основании анализа ВС, условий функционирования предприятия и перспектив его развития.

На рис. 1 представлена иерархическая модель влияния слабых сторон стратегий функциональных зон на не достижение основной цели с номером k :

Не достижение
основной цели с
номером k

Актор

Слабые стороны,
«Неудачи»

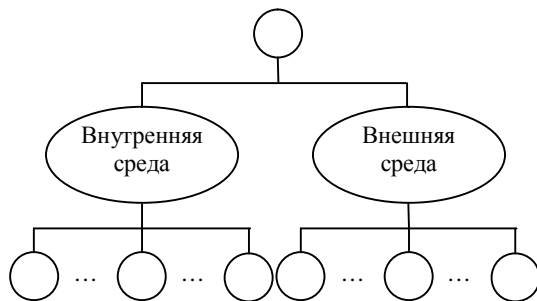


Рис. 1. Иерархическая модель влияния слабых сторон стратегий функциональных зон на не достижение основной цели с номером k

С целью выделения существенных ключевых факторов по критерию «Неудачи», для каждой основной цели с номером k , $k = \overline{1, N_0}$, где N_0 - число основных целей, на основании иерархической модели представленной на рисунке определяют глобальные приоритеты слабых сторон стратегий функциональных зон. Осуществляют их ранжирование по ослаблению влияния на основную цель с номером k . В этом ряду каждая сторона с номером i занимает место с номером i_k , $k = \overline{1, N_0}$, $i = \overline{1, N_1}$, где N_1 - число сторон. Полученные результаты заносят в таблицу 1. В таблице 1 величина $m_i = \sum_{k=1}^{N_0} i_k$, $i = \overline{1, N_1}$, а значимость $d_i = m_i / \sum_{j=1}^{N_1} m_j$, определяет усредненную интенсивность влияния слабой стороны с номером i на процесс не достижения всех основных целей.

Таблица 1

Влияние слабых сторон стратегий функциональных зон на основные цели предприятия

Номер стороны	Номер места стороны					Сумма мест стороны	Значимость стороны
	Номер основной цели						
	1	...	k	...	N_0		
1	$(1)_1$	...	$(1)_k$	...	$(1)_{N_0}$	m_1	d_1
i	$(i)_1$	...	$(i)_k$	...	$(i)_{N_0}$	m_i	d_i
N_1	$(N_1)_1$	...	$(N_1)_k$	...	$(N_1)_{N_0}$	m_{N_1}	d_{N_1}

Чем больше значимость d_i , тем существеннее роль i -й стороны. Проранжировав слабые стороны по степени убывания их значимости, выделив в построенном ряду первые слабые стороны, суммарная значимость которых составляет $0,8 \pm x$, получают семейство базовых ключевых факторов неудач.

Для визуального анализа ключевых факторов используется лепестковая диаграмма представленная на рис. 2:

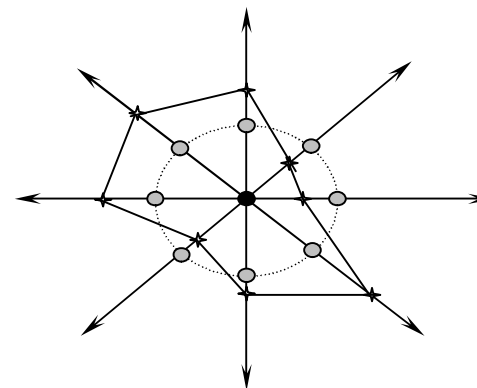


Рис. 2. Диаграмма влияния для анализа значимостей ключевых факторов

На диаграмме направление определяет ключевой фактор с номером i .

Окружность с радиусом $d = \frac{1}{\tilde{N}_k} \sum_{j \in N_k} d_j$, где N_k - множество базовых

ключевых факторов, \tilde{N}_k - число элементов множества N_k , определяет равновесное влияние фактора на все основные цели. Ломаная кривая определяет фактическое влияние ключевых факторов на основные цели. Анализ на основе рис. 2 свойств базовых ключевых факторов позволяет выделить семейство опорных ключевых факторов, используемое при адаптации иерархической модели, влияния стратегий функциональных зон предприятия на отклонение фактической траектории КС от плановой по критерию «Неудачи».

- Определение глобальных приоритетов функциональных зон и сценариев осуществления компонент экономической стратегии предприятия. Для этого, используя скорректированную иерархическую модель, применяют экспертную процедуру метода анализа иерархий.
- Формирование изображения проблемной ситуации. Используя глобальные приоритеты функциональных зон и компонент стратегии

предприятия, полученные с учетом влияния ВС формируют списки функциональных зон и компонент стратегии по степени убывания их значимости и выделяют первые элементы списков, суммарная значимость которых $0,8 \pm x$. В результате для текущей ПС получают множество C_n ключевых компонент C_i стратегии и множество Φ_n ключевых функциональных зон Φ_j предприятия, на основе которых формируют бинарное отношение $R_n = C_n \times \Phi_n \subset C \times \Phi$, определяющее ключевые цепочки влияния Φ_j и реализации стратегии C_i на изменение разрыва Δ между плановой и фактической траекториями изменения КС предприятия. Если m_i - глобальный приоритет $C_i \in C$, $i = \overline{1, n}$, n - мощность C , a_i - глобальный приоритет функциональной зоны $\Phi_j \in \Phi$, $j = \overline{1, m}$, m - мощность множества Φ , и, кроме того, $\langle C_i, \Phi_j \rangle \in R_n$, то мера $p_{ij} = m_i + m_j$ характеризует потенциальные возможности влияния

$\langle C_i, \Phi_j \rangle$ на рост разрыва Δ . Среднее значение $\bar{p} = \left(\sum_{\langle C_i, \Phi_j \rangle \in R_n} p_{ij} \right) / k$, где

k - мощность бинарного отношения R_n , определяет средний потенциал влияния $\langle C_i, \Phi_j \rangle$ на рост разрыва Δ . Разность $\Delta_{ij} = p_{ij} - \bar{p}$ определяет «напряжение», дополнительно создаваемое $\langle C_i, \Phi_j \rangle$ и направленное на увеличение разрыва Δ . Матрицу $A = (a_{ij})$ $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ с элементами a_{ij} , определяемыми формулой

$a_{ij} = \begin{cases} \Delta_{ij}, & \langle C_i, \Phi_j \rangle \in R_n \\ 0, & \langle C_i, \Phi_j \rangle \notin R_n \end{cases}$, отражает взаимодействие факторов,

определяющих сложившуюся ПС. Визуальное представление ПС осуществляется путем формирования матрицы R с элементами r_{ij} $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$ определяемые формулой:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & a_{ij} > 0 \\ 0, & a_{ij} = 0 \\ -1, & a_{ij} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

- Распознавание ПС. Оно осуществляется по степени близости изображения B^T текущей ПС к изображениям эталонных изображений B^l типовых ПС, образующих классы T_l , $l = \overline{1, H}$, H - число контролируемых типов ПС. Степень близости изображений B^T и B^l определяется коэффициентом корреляции g_p^l :

$$g_p^l = \sum_{i=1}^{N_2} \sum_{j=1}^{N_1} [R_{ij}^T * R_{ij}^l] / \left[\left(\sum_{i=1}^{N_2} \sum_{j=1}^{N_1} R_{ij}^T \right) \left(\sum_{i=1}^{N_2} \sum_{j=1}^{N_1} R_{ij}^l \right) \right]^{1/2}. \quad \text{Если } g_p^l \text{ не}$$

превышает порогового значения $h_0 + x$, x - допустимая погрешность, то ПС относят к классу T_l . Если класса T_l не существует, то формируют новый класс T_{H+1} контролируемых ПС.

- Формирование нового класса T_{H+1} . Для этого изображение B^T переводят в разряд эталонных изображений и оно в дальнейшем рассматривается как эталонное изображение $B^{H+1} = B^T$ ПС, образующих класс T_{H+1} .

Описанная процедура положена в основу ПТ распознавания ПС, которая включает в себя следующие стадии и этапы:

Первичная стадия. Содержит два этапа:

Этап 1.1. Разработка форм первичных документов:

- Классификатор первичных документов.
- Классификатор сценариев поведения внешней среды.
- Классификатор функциональных зон.
- Классификатор главных целей функциональных зон.
- Классификатор основных целей функциональных зон.
- Классификатор ключевых факторов по критерию «Успехи».
- Классификатор ключевых факторов по критерию «Неудачи».
- Классификатор сценариев, реализующих составляющие экономической стратегии предприятия.
- Классификатор эталонных изображений контролируемых ПС.
- Классификатор экспертов.
- Классификатор анкет для опроса экспертов: для оценки локальных приоритетов всех объектов на всех уровнях иерархии заполняются Вопрос-Анкеты.
- Статистика о хозяйственной деятельности предприятия.

Этап 1.2. Сбор и регистрация данных, необходимых для ведения первичных документов.

Подготовительная стадия. Создание машинных носителей информации и передача данных на обработку. Этот этап необходим при распределенной обработке информации в локальной сети и глобальной сети Internet.

Основная стадия. Она отражает содержательную обработку данных, связанную с реализацией экспертной процедуры функциональной диагностики текущей деятельности предприятия, включает следующие этапы.

Этап 3.1. Построение с учетом текущей информации опорной иерархической модели по критерию «Неудачи»:

Подэтап 3.1.1. Задание перечня сценариев развития внешней среды;

Подэтап 3.1.2. Задание перечня главных целей;

Подэтап 3.1.3. Задание перечня основных целей;

Подэтап 3.1.4. Задание перечня функциональных зон;

Подэтап 3.1.5. Задание перечня ключевых факторов «Неудач»;

Подэтап 3.1.6. Задание перечня составляющих экономической стратегии.

Подэтап 3.1.7. Задание указанных перечней осуществляется на основе информации, хранящейся в классификаторах.

Этап 3.2. Коррекция опорной иерархической модели с учетом сложившейся обстановки:

Подэтап 3.2.1. Задание семейства сценариев ожидаемого поведения внешней среды и вероятностей их осуществления.

Подэтап 3.2.2. Выделение множества существенных основных целей функциональных зон предприятия. Осуществляется экспертами на основании изучения ими деятельности предприятия, условий его функционирования и перспектив развития.

Подэтап 3.2.3. Выделение множества существенных ключевых факторов по критерию «Неудачи».

Этап 3.3. Реализация на основе скорректированной опорной иерархической модели экспертной процедуры метода анализа иерархий для оценки глобальных приоритетов всех функциональных зон из множества Φ и всех сценариев из множества C . Для этого выполняют следующие операции:

Подэтап 3.3.1. Заполнение анкет экспертными высказываниями суждений о мере различия объектов всех уровней иерархической модели. Проведение парных сравнений приводит к получению - квадратной таблицы (матрицы парных сравнений), элементы которой определяются на основании шкалы относительной важности, приведенной в [2-4].

Для каждого уровня иерархии с помощью экспертов строят матрицы парных сравнений. Элементом матрицы является относительная важность элемента, стоящего слева, относительно элемента, стоящего наверху. Для получения каждой матрицы эксперт или лицо, принимающее решение, выносит $n(n-1)/2$ суждений (здесь n – порядок матрицы парных сравнений).

Для повышения степени объективности и качества процедуры принятия решений целесообразно учитывать мнения нескольких экспертов. С этой целью проводится групповая экспертиза [2,5]. Для агрегирования мнений r экспертов, имеющих одинаковую значимость, применяется среднегеометрическое, вычисляемое по следующему соотношению:

$$a_{ij}^A = \sqrt[r]{a_{ij}^1 * \dots * a_{ij}^s * \dots * a_{ij}^r} \quad (2)$$

где a_{ij}^A - агрегированная оценка элемента, принадлежащего i -й строке j -му столбцу агрегированной матрицы A парных сравнений;

r - число матриц парных сравнений, каждая s -я из которых составлена одним s -м экспертом, $s = \overline{1, r}$.

Подэтап 3.3.2. Вычисление локальных приоритетов. На основании полученной матрицы парных сравнений определяют локальные приоритеты всех элементов иерархии. Для этого находят мажорирующий корень (собственное значение матрицы A) и собственный вектор матрицы A , отвечающий мажорирующему корню [2].

Подэтап 3.3.3. Оценка согласованности суждений. Однородность суждений оценивается индексом согласованности (ИС) или отношением согласованности (ОС) в соответствии со следующими выражениями:

$$ИС = (I_{\max} - n)/(n - 1) \quad (3)$$

$$ОС = ИС / СИ \quad (4)$$

где $СИ$ – индекс согласованности, сгенерированный случайным образом по от 1 до 9 обратносимметричной матрицы A с соответствующими обратными величинами элементов, представлен в работе [3,4].

В качестве допустимого используется значение $ОС \leq 0,10$. если для матрицы парных сравнений отношение однородности $ОС > 0,10$, то это свидетельствует о существенном нарушении логичности суждений, допущенном экспертом при заполнении матрицы, поэтому эксперту, предлагается пересмотреть данные, использованные для построения матрицы, чтобы улучшить однородность.

Подэтап 3.3.4. Синтез глобальных приоритетов функциональных зон и составляющих экономической стратегии. Используя иерархический синтез вычисляются глобальные приоритеты, на каждом уровне иерархии начиная со второго уровня [2].

Этап 3.4. Формирование изображения ПС.

Этап 3.5. Распознавание ПС:

Заключительная стадия.

Этап 4.1. Разработка форм выходных документов:

- Классификатор выходных документов.

- Классификатор сценариев преодоления ПС.

Этап 4.2. Заполнение выходных документов результатной информацией для аппарата управления предприятием.



Рис. 3. Функциональная структура информационной технологии

Для реализации предметной технологии функциональной диагностики необходима разработка автоматизированной информационной технологии, индивидуальные приложения и функциональная информация которой локализуется на уровне автоматизированного рабочего места (АРМ) локальной вычислительной сети, а автоматизированная централизованная база данных предприятия используется для эффективной информационной поддержки. Информационное обеспечение АРМ предусматривает

организацию его информационной базы, регламентирует его информационные связи и предполагает состав и содержание всей системы информационного отображения. Функциональная структура информационной технологии представлена на рис. 3.

Выводы. Разработана предметная технология функциональной диагностики ПС в процессе функционирования предприятия, которая лежит в основе информационной технологии диагностики ПС. Реализация информационной технологии диагностики ПС предполагается в виде АРМ специалиста по диагностике.

Список литературы: 1. Фонта Н. Г., Лисицкий В. Л. Ранее обнаружение проблемных ситуаций в процессе хозяйственной деятельности предприятия, функционирующего в конкурентной среде // Східно-європейський журнал передових технологій. - 2007. - №1. - С12-22. 2. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 368 с. 3. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий: Пер с англ. - М.: Радиосвязь, 1993. - 320 с. 4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. - М.: Радио и связь, 1991. - 224 с. 5. Сваткин М. З., Мацута В. Д., Рахдлин К. М. Группы качества на машиностроительных мероприятиях. - Л.: Машиностроение, 1988. - 141 с.

Поступила в редколлегию 10.04.08

УДК 621.384.6

И. И. МАРЧЕНКО, аспирант НТУ «ХПИ»

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ

Методами комп'ютерного моделювання досліджено вплив оксидного шару на ефективність іонного азотування алюмінію. Були отримані профілі проникнення іонів азоту з енергією 1-5 кеВ у алюміній при різній товщині оксидного шару. Обчислені інтегральні коефіцієнти розпилення мішені.

Методами компьютерного моделирования исследовано влияние толщины оксидного слоя на эффективность ионного азотирования алюминия. Были получены профили проникновения ионов азота с энергией 1-5 кэВ в алюминий при различных толщинах оксидного слоя. Рассчитаны интегральные коэффициенты распыления мишени.

The influence of the oxide layer thickness on the effectiveness of the ion nitriding of aluminum is investigated by the methods of computer simulation. The profiles of the penetration of nitrogen ions with the energy 1-5 keV into aluminum were obtained for different oxide layer thicknesses. The integral sputtering ratios of the target are calculated.

Введение. Алюминий широко применяется в автомобилестроении, судостроении и аэрокосмической индустрии. Использование этого материала

обусловлено его легкостью и высокой коррозионной устойчивостью. Однако при этом алюминий обладает низкой твердостью и износостойкостью.

В последнее время для улучшения поверхностных свойств алюминия и его сплавов начали интенсивно применять различные технологии ионного азотирования [1-3]. В результате обработки поверхности ионами азота удается существенно повысить износостойкость, коррозионную, термическую и химическую устойчивость [4].

На поверхности чистого алюминия в результате химического взаимодействия с кислородом образуется оксидный слой (Al_2O_3). В то же время азот практически не мигрирует в оксиде алюминия [5], поэтому блокируется дальнейшее проникновение кислорода вглубь материала. Присутствие кислорода в остаточной атмосфере вакуумной камеры приводит к восстановлению оксидного слоя, не смотря на его динамическое распыление падающими ионами.

В настоящее время накоплен значительный экспериментальный материал, показывающий, что вакуумные условия существенным образом влияют на эффективность азотирования. В то же время из-за сложности происходящих процессов не установлены основные закономерности влияния параметров облучения (таких как энергия облучения, плотность ионного тока и др.) на эффективность ионного азотирования.

В последнее время для исследования сложных процессов происходящих в твердых телах используют методы компьютерного моделирования [6-9]. Проведенные ранее расчеты показали, что модели качественно верно описывают создание и рост азотированного слоя. Однако в существующих моделях не было учтено влияние оксидного слоя на процессы азотирования, что не позволило в достаточной мере согласовать результаты моделирования с экспериментом.

Поэтому целью данной работы являлось исследование методами компьютерного моделирования влияния толщины оксидного слоя на количество имплантированного азота в алюминий.

Методика моделирования. Моделирование методом Монте-Карло стало эффективным приемом исследования радиационных эффектов вблизи поверхностей, таких, как распыление и отражение. На данный момент одним из широко используемых и хорошо зарекомендовавшим себя средств является программа TRIM [10]. Данное средство использовалось в настоящей работе для расчетов коэффициентов отражения ионов азота, распыления мишени и профилей залегания имплантированных ионов.

Программный комплекс TRIM создан для изучения каскадов атомных столкновений в последовательности парных взаимодействий в предположении, что атомы мишени вначале покоятся и расположены хаотичным образом (линейные каскады в аморфных материалах). Программа TRIM учитывает поведение большого числа ионов мишени. Траектория

каждого иона начинается с задания его положения, направления движения и энергии. Затем прослеживается последовательность столкновений иона с атомами мишени; между столкновениями свободный пробег иона предполагается прямолинейным. На пути каждого свободного пробега энергия частицы уменьшается на величину электронных потерь энергии, а затем, после столкновения, – на так называемые ядерные, или упругие, потери энергии, т. е. на энергию, переданную атому мишени при столкновении. Если атом мишени получает энергию, которая превышает предварительно заданное значение (например, энергию поверхностной связи), то его называют первичным атомом отдачи и его поведение прослеживается таким же образом, как и поведение налетающего иона. Это же остается справедливым для любых атомов отдачи более высокого уровня генерации, которые могут образовываться в ходе последующих столкновений. Траектория иона или атома отдачи обрывается, если их энергия падает ниже предварительно заданного значения (обычно равной энергии поверхностной связи), либо если частица выходит за пределы передней или задней поверхности мишени.

В настоящее время установлено, что существует удовлетворительное согласие результатов компьютерного моделирования программой TRIM с экспериментальными данными.

Результаты и обсуждение. Было проведено моделирование проникновения ионов азота вглубь алюминия при различных толщинах оксидного слоя (1-5 нм). На рис. 1 приведен пример проведенных компьютерных расчетов профилей имплантации ионов азота (толщина оксидного слоя – 3 нм) для различных энергий. Как видно из рисунка, при значении энергии 0,5 кэВ основная часть имплантированного азота задерживается оксидным слоем. С увеличением энергии облучения больше азота проникает за границы оксидного слоя. При увеличении энергии до 2,0 кэВ значительная часть имплантированных ионов проникает в чистый металл. Таким образом, с повышением энергии ионов азота эффективность ионного азотирования повышается. В работах [5,11] экспериментально было исследовано проникновение ионов азота при различных вакуумных условиях. Как следует из данных работ, увеличение толщины оксидного слоя уменьшает эффективность ионного азотирования. Эти результаты находятся в качественном согласии с полученными результатами моделирования.

На рис 2. приведена зависимость количества поглощенного азота в алюминии от энергии имплантации при различных толщин оксидного слоя. Как видно из рисунка, при толщине оксидного слоя в 1 нм, азот практически не задерживается оксидным слоем. Увеличение энергии имплантации не сильно увеличивает долю азота, проникнувшего в алюминий. Однако, при толщине оксидного слоя от 3 нм при небольших значениях энергии имплантации большинство азота задерживается оксидом. Наблюдается сильное изменение количества проникающего азота с увеличением энергии

имплантации. Как следует из рисунка для различных толщин оксидного слоя необходимо использование ионов различной энергии для получения оптимальных энергозатрат при ионном азотировании.

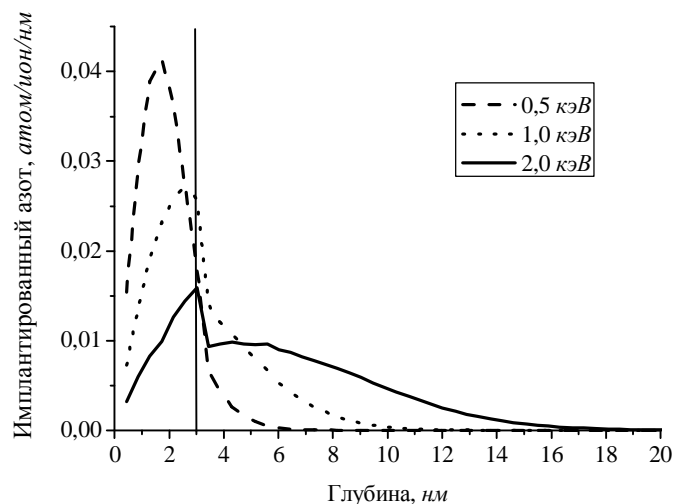


Рис 1. Профиль распределения ионов азота в алюминии для различных энергий при толщине оксидного слоя 3 нм

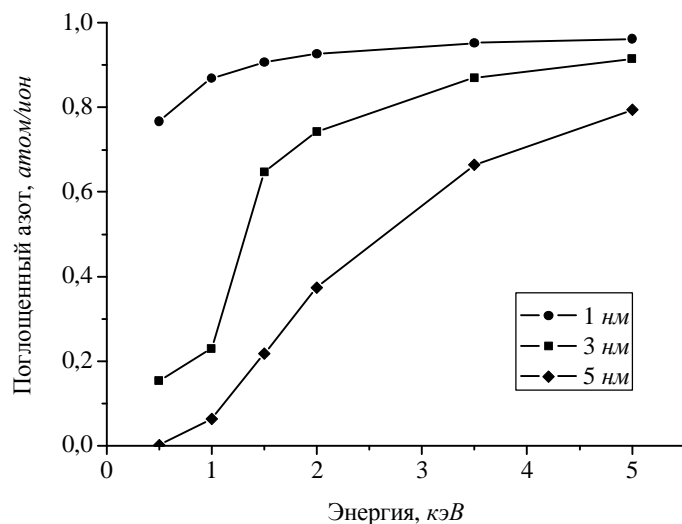


Рис 2. Зависимость количества внедренного азота в алюминий от энергии для различных толщин оксидного слоя.

Из экспериментальных данных известно, что толщина оксида алюминия составляет 3-5 нм на начальном этапе облучения [12]. Ионная обработка помимо имплантации вызывает распыление мишени, тем самым уменьшая толщину оксидного слоя. Параметром, характеризующим скорость ионного травления, является интегральный коэффициент распыления поверхности. Были получены коэффициенты распыления оксида для различных энергий (см. табл. 1). Как следует из приведенных данных, с увеличением энергии имплантации, коэффициент распыления возрастает.

Таблица 1

Коэффициенты распыления поверхности, атом/ион

		Толщина слоя, нм		
		1	3	5
Энергия, кэВ	0,5	1,836	1,799	1,799
	1,0	2,265	2,137	2,145
	1,5	2,411	2,224	2,27
	2,0	2,495	2,29	2,289
	3,5	2,492	2,258	2,232
	5,0	2,495	2,19	2,165

Для построения модели ионного азотирования необходимо учитывать процессы как распыления так и формирования оксидной пленки на поверхности образца из остаточной атмосферы. Полученные в данной работе данные могут быть использованы в модели учитывающей эти процессы.

Выводы. В настоящей работе исследовано влияние толщины оксидного слоя на эффективность ионного азотирования алюминия. Были получены профили проникновения ионов азота с энергией 1-5 кэВ в алюминий при различных толщинах оксидного слоя, а так же интегральные коэффициенты распыления мишени. Данные, полученные методами компьютерного моделирования, находятся в качественном согласии с имеющимися экспериментальными данными.

Полученные результаты могут быть использованы для развития математических моделей ионного азотирования с учетом изменяющихся вакуумных условий.

Список литературы: 1. Manova D., Huber P., Mandl S., Rauschenbach B. Surface modification of aluminium by plasma immersion ion implantation // Surf. Coat. Technol. – 2000. – V. 128-129. – P. 249-255. 2. Czerwicz T., Renevier N., Michel H. Low-temperature plasma-assisted nitriding // Surf. Coat. Technol. – 2000. – V. 131. – P. 267-277. 3. Moller W., Parascandola S., Telbisova T., et. al. Surface processes and diffusion mechanisms of ion nitriding of stainless steel and aluminium // Surf. Coat. Tech. – 2001. – V. 136. – P. 73-79. 4. Richter E., Gunzel R., Parascandola S. et. al. Nitriding of stainless steel and aluminium alloys by plasma immersion ion implantation // Surf. Coat. Tech. – 2001. – V. 128-129. – P. 21-27 5. Telbizova T., Parascandola S., Prokert F. et al. Ion nitriding of Al: growth kinetics and characterisation of the nitride layer // Surf. Coat. Technol. – 2001. – V. 142-144. – P. 1028-1033 6. Dimitrov V. I., Haen J. D., Knuyt G. et. al. A method for

determination of the effective diffusion coefficient and sputtering rate during plasma diffusion treatment // Surf. Coat. Tech. – 1998. – V.99. – P. 234-241. 7. Williamson D. L., Davs J. A. Wilbur P. J. et. al. Relative roles of ion energy, ion flux, and sample temperature in low-energy nitrogen ion implantation of Fe–Cr–Ni stainless steel // Nucl. Instr. and Methods in Phys. Res. – 1997. – V. 127-128. – P. 930-934. 8. Марченко И. Г., Марченко И. И., Гузля А.Г., Неклюдов И. М. Компьютерное моделирование ионного азотирования аустенитных сталей // Физика и химия обработки материалов. – 2005. – № 1. – С. 56-60. 9. Мазманишвили А. С., Марченко И. И. Математическое моделирование влияния плотности ионного тока на эффективность ионного азотирования Fe, Cr и Fe-Cr-сплавов // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – №41.– С. 9–16. 10. <http://www.srim.org/> 11. Telbizova T., Parascandola S., Prokert F. et. al. Ion nitriding of aluminium - experimental investigation of the thermal transport// Nucl. Instr. and Methods in Phys. Res. – 2000. – V. 161-163.– P. 690-693 12. Manova D., Mandl S., Rauschenbach B. Oxygen behaviour during during PIII-nitriding of aluminium // Nucl. Instr. and Methods in Phys. Res. – 2001. – V. 178.– P. 291-296

Поступила в редколлегию 03.06.08

УДК 531

В. П. ОЛЬШАНСКИЙ, д-р физ.-мат. наук, ХНТУСХ,
С. В. ОЛЬШАНСКИЙ, аспирант НТУ «ХПИ»

ОБ УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМУМА СКОРОСТИ ПАДЕНИЯ СФЕРИЧЕСКОГО ТЕЛА ПЕРЕМЕННОГО РАДИУСА

Досліджено екстремальні властивості швидкості вертикального падіння сферичного тіла, радіус якого змінюється в часі по закону Срезневського. Знайдено умови, при виконанні яких швидкість падіння має мінімум або максимум.

Исследованы экстремальные свойства скорости вертикального падения сферического тела, радиус которого изменяется во времени по закону Срезневского. Найдены условия, при выполнении которых скорость падения имеет минимум или максимум.

The extreme properties of velocity vertical fall of a spherical body which radius changes in time under the Sreznevsky law are investigated. The conditions at which performance the speed of fall has a minimum or maximum are found.

Состояние вопроса и цель исследования. Скорость падения тела постоянной массы и размеров в газовой среде является монотонной функцией. В зависимости от начального значения она асимптотически стремится сверху или снизу к некоторому постоянному граничному значению, которое называют скоростью витания [1]. Оказывается, что эта закономерность нарушается при падении тела, у которого меняются с течением времени размеры и масса [2]. К таким телам относятся летящие испаряющиеся или сгорающие частицы жидких и твёрдых топлив, жидкие частицы огнетушащих веществ, капли воды при движении их в условиях конденсации и пр. Поэтому изучение особенностей движения частицы

переменной массы в газовой среде относится к актуальным научно-техническим задачам. Частично эти особенности рассматривались в работе [2], где предполагалось, что изменение радиуса движущегося сферического тела описывается линейной функцией времени. Здесь, в отличие от указанной публикации, предполагается, что изменение радиуса сгорающей или испаряющейся частицы пропорционально переменной площади её поверхности, т.е. подчиняется закону Срезневского [3]. Целью данной работы является исследование закономерностей движения сферической частицы переменного радиуса, когда это изменение происходит по нелинейному закону, а также анализ экстремальных свойств скорости полёта.

Падение шара возрастающей массы. Пусть при падении сферической частицы в условиях конденсации её радиус r является линейной функцией времени t

$$r = r(t) = r_0 \sqrt{1 + e_1 t}, \quad (1)$$

что соответствует закону Срезневского [3].

В выражении (1) $r = r(0)$ - начальный радиус; e_1 - параметр, характеризующий скорость увеличения радиуса частицы.

Случай линейного увеличения радиуса движущейся частицы в условиях конденсации рассматривал И.В. Мещерский [4].

Силу сопротивления движению $R_c(t)$, как и в работах [2,4], принимаем пропорциональной скорости падения $u = u(t)$ и площади миделевого сечения шара, т.е. берём в виде

$$R_c(t) = k \frac{\Gamma_B}{\Gamma_T} \rho r^2 u.$$

Здесь k - коэффициент аэродинамического сопротивления; Γ_B, Γ_T - соответственно плотность воздуха и падающего тела.

Мелкие частицы внешней среды, в ходе присоединения которых к падающему шару возрастает его радиус, считаем неподвижными, а относительную скорость присоединения равной $u(t)$.

В этих предположениях скорость вертикального падения шара является решением дифференциального уравнения Леви – Чивита

$$\frac{d}{dt}(r^3 u) + 3ar^2 u = gr^3, \quad (2)$$

в котором $a = \frac{k \Gamma_B}{4 \Gamma_T^2}$; g - ускорение свободного падения.

Из выражения (1) следует, что

$$\frac{dr}{dt} = \frac{r_0^2 \mathbf{e}_1}{2r}; \quad dt = \frac{2}{r_0^2 \mathbf{e}_1} r dr. \quad (3)$$

Учитывая (3), а также соотношение

$$\frac{d}{dt} = \frac{d}{dr} \frac{dr}{dt} = \frac{r_0^2 \mathbf{e}_1}{2r} \frac{d}{dr},$$

уравнение (2) сводим к виду

$$\frac{d\mathbf{u}}{dr} + \left(\frac{3}{r} + b \right) \mathbf{u} = g_1 r, \quad (4)$$

$$\text{где } b = \frac{6a}{r_0^2 \mathbf{e}_1}; \quad g_1 = \frac{2g}{r_0^2 \mathbf{e}_1}.$$

Обозначив через \mathbf{u}_0 начальную скорость полёта, уравнение (4) дополняем начальным условием

$$\mathbf{u}(r_0) = \mathbf{u}_0. \quad (5)$$

Решим сначала поставленную задачу в упрощённом виде без учёта сопротивления воздуха. Положив в уравнении (4) $b=0$, находим его общее решение

$$\mathbf{u}(r) = \frac{c_1}{r^3} + \frac{g_1}{5} r^2, \quad (6)$$

которое удовлетворяет начальному условию (5) при

$$c_1 = r_0^5 \left(\mathbf{u}_0 r_0^{-2} - \frac{g_1}{5} \right). \quad (7)$$

Производная решения (6) равна нулю, когда

$$r = r_s = r_0 \left(\frac{15\mathbf{u}_0}{2g_1 r_0^2} - \frac{3}{2} \right)^{1/5}. \quad (8)$$

Для этого значения r скорость падения шара минимальна и её значение легко вычислить по формуле

$$\mathbf{u}_{\min} = \frac{g_1}{3} r_s^2.$$

Из уравнения (4) при $b=0$ следует, что отмеченное экстремальное свойство скорости будет лишь в том случае, когда её начальное значение удовлетворяет неравенству

$$\mathbf{u}_0 > \frac{1}{3} g_1 r_0^2. \quad (9)$$

Если \mathbf{u}_0 не удовлетворяет неравенству (9), то падение тела происходит с монотонно возрастающей скоростью.

Независимо от начального условия (5) при больших t скорость падения имеет асимптотику

$$\mathbf{u}_a(t) = \frac{1}{5} g_1 r_0^2 (1 + \mathbf{e}_1 t), \quad (10)$$

в виде прямой линии, к которой стягиваются графики $\mathbf{u}(t)$, построенные для различных \mathbf{u}_0 .

Расстояние, пролетаемое шаром, находим интегрированием скорости. Положив $S(r_0) = 0$, с учётом (6), получаем

$$\begin{aligned} S &= \frac{2}{r_0^2 \mathbf{e}_1} \int_{r_0}^r \mathbf{u}(r) r dr = \frac{2}{r_0^2 \mathbf{e}_1} \left[c_1 \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) + \frac{g_1}{20} (r^4 - r_0^4) \right] = \\ &= \frac{2}{r_0^2 \mathbf{e}_1} \left[\frac{c_1}{r_0} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \mathbf{e}_1 t}} \right) + \frac{g_1 r_0^4}{20} ((1 + \mathbf{e}_1 t)^2 - 1) \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где c_1 определено выражением (7).

Формула (11) позволяет также определить высоту, на которой минимальная скорость падения шара, когда выполнено условие (9).

Далее рассмотрим более общий случай, когда в уравнении (4) $b > 0$. При учёте сопротивления воздуха решением задачи Коши является

$$\mathbf{u}(r) = g_1 \left(c_2 r^{-3} e^{-br} + \frac{r}{b} - \frac{4}{b^2} + \frac{12}{b^3 r} - \frac{24}{b^4 r^2} + \frac{24}{b^5 r^3} \right). \quad (12)$$

Постоянная интегрирования принимает значение

$$c_2 = r_0^3 e^{br_0} \left(\frac{\mathbf{u}_0}{g_1} - \frac{r_0}{b} + \frac{4}{b^2} - \frac{12}{b^3 r_0} + \frac{24}{b^4 r_0^2} - \frac{24}{b^5 r_0^3} \right). \quad (13)$$

Теперь выражение $u(r)$ уступает в компактности тому, что имели при $b=0$. Определение радиуса шара $r=r_3$, при котором минимальная скорость его падения, сводится к решению трансцендентного уравнения

$$f(r) = (br)^4 - 12(br)^2 + 48(br) - 72 - cb^5(3+br)e^{-br} = 0,$$

что можно провести численно, например методом итераций по схеме Ньютона

$$r_{n+1} = r_n - \frac{f(r_n)}{f'(r_n)}, \quad n=0,1,2,3,\dots$$

Начальными приближениями могут быть r_0 из начального условия (5) или $r_0 = r_3$, к которому приводит формула (8).

Определив с заданной точностью корень $r_3 \approx r_{n+1}$, при котором достигается экстремум, далее легко найти минимальное значение скорости, ибо

$$u_{\min} = \frac{g_1 r_3^2}{3 + br_3}.$$

Из дифференциального уравнения (4) следует, что $u(r)$ имеет минимум лишь в том случае, когда начальное значение u_0 удовлетворяет неравенству

$$u_0 > \frac{g_1 r_0^2}{3 + br_0}.$$

В противном случае $u(t)$ является монотонной функцией.

При больших t асимптотикой $u(t)$ является функция

$$u_a(t) = g_1 b^{-2} (br_0 \sqrt{1 + e_1 t} - 4),$$

которая не зависит от u_0 . В отличие от (10), здесь имеем параболическую кривую, т.е. учёт сопротивления воздуха существенно влияет на асимптотическое поведение скорости падения частицы.

Вычисление расстояния, которое пролетает шар со скоростью (12), сводится к формуле

$$S(r) = \frac{2g_1}{r_0^2 e_1} \left\{ c_2 \left(\frac{1}{r_0} e^{-br_0} - \frac{1}{r} e^{-br} \right) + c_2 b [Ei(-br_0) - Ei(-br)] \right\} +$$

$$+ \frac{1}{3b} (r^3 - r_0^3) - \frac{2}{b^2} (r^2 - r_0^2) + \frac{12}{b^3} (r - r_0) - \frac{24}{b^4} \ln \frac{r}{r_0} - \frac{24}{b^5} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r_0} \right) \Bigg\}, \quad (14)$$

в которой c_2 определено выражением (13), а $Ei(-z)$ - протабулированная в [5], [6] интегральная показательная функция.

Проведём расчёт при $r_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $e_1 = 1,5 \text{ с}^{-1}$; $a = 0$. На рис. 1 цифрами 1,2,3,4 обозначены графики, полученные при $u_0 = 0; 4,36; 10; 15$ м/с.

Кривые на рис. 2 получены при тех же исходных данных, только $a = 4 \cdot 10^{-4}$ м/с.

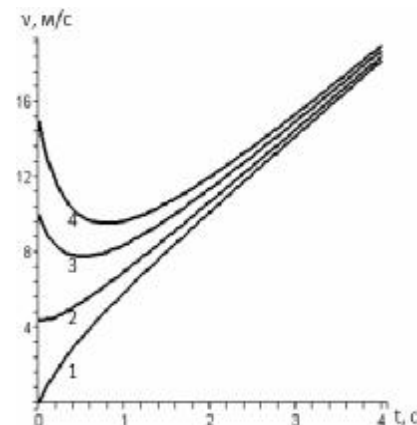


Рис. 1. Зависимость скорости от времени при $a = 0$ м/с

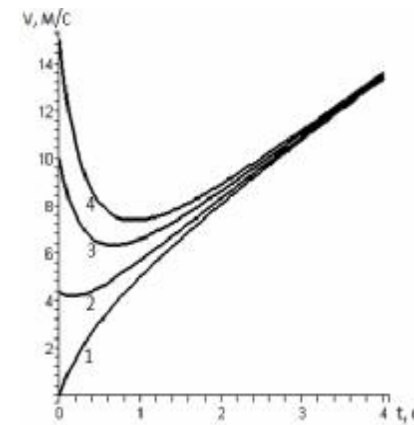


Рис. 2. Зависимость скорости от времени при $a = 10^{-4}$ м/с

На рис. 1 и 2 наблюдается минимум скорости. Он реализуется при $a = 0$, когда $u_0 > 4,36$ м/с. При наличии аэродинамического сопротивления (рисунок 2) шар медленнее набирает скорость, но она быстрее стремится к своей асимптотике.

Падение шара убывающей массы. Пусть уменьшение радиуса шара описывается нелинейной функцией

$$r = r(t) = r_0 \sqrt{1 - e_2 t}, \quad (15)$$

что соответствует закону Срезневского [3].

В выражении (15) $1/e_2$ равно времени, в течении которого происходит полное испарение или сгорание шара.

Рассмотрим сначала случай, когда относительная скорость отделения частиц от шара равна нулю, т.е. нет реактивной силы. В такой постановке задача решалась [3].

С учётом этого упрощения скорость падения шара убывающей массы является решением дифференциального уравнения

$$\frac{du}{dt} + \frac{3a}{r}u = g. \quad (16)$$

Чтобы найти его решение, как прежде, перейдём от переменной t к переменной $r(t)$. Используя выражение (15), получаем

$$\frac{dr}{dt} = -\frac{r_0^2 e_2}{2r}; \quad dt = -\frac{2}{r_0^2 e_2} r dr.$$

В новой переменной уравнение (16) принимает вид

$$\frac{du}{dt} - gu = -g_2 r, \quad (17)$$

где $g = \frac{6a}{r_0^2 e_2}$; $g_2 = \frac{2g}{r_0^2 e_2}$.

Решением уравнения (17) при начальном условии (5) является функция

$$u(r) = g_2 g^{-2} (gr + 1) - c_3 e^{gr}, \quad (18)$$

в которой

$$c_3 = [g_2 g^{-2} (gr_0 + 1) - u_0] e^{-gr_0}. \quad (19)$$

Равенство нулю производной выражения (18) по r приводит к уравнению

$$g_2 - c_3 g^2 e^{gr} = 0,$$

из которого следует, что

$$r = r_3 = \frac{1}{g} \ln \frac{g_2}{c_3 g^2}.$$

При таком значении радиуса скорость падения шара максимальна и её легко вычислить по формуле

$$u_{\max} = \frac{g_2 r_3}{g}.$$

Подчеркнём, что этот экстремум имеет место при условии, что

$$u_0 < \frac{g_2 r_0}{g}. \quad (20)$$

В противном случае $u(t)$ является монотонно убывающей функцией. Её асимптотика при $t \rightarrow 1/e_2$

$$u_a(t) = (g_2 g^{-2} - c_3) (gr_0 \sqrt{1 - e_2 t} + 1)$$

зависит от u_0 . При $t = 1/e_2$ получаем граничное значение скорости

$$u_r = g_2 g^{-2} - c_3,$$

которую имеет тело в момент его полного исчезновения (сгорания или испарения).

Используя решение (18) несложно вычислить путь $S(r)$, пролетаемый шаром при падении. Действительно, при $t < 1/e_2$:

$$\begin{aligned} S(r) &= \int_0^t u(t) dt = \frac{2}{r_0^2 e_2} \int_r^{r_0} r u(r) dr = \\ &= \frac{2}{r_0^2 e_2 g^2} \left\{ c_3 [(gr - 1)e^{gr} - (gr_0 - 1)e^{gr_0}] + g_2 \left(\frac{r_0^2 - r^2}{2} + g \frac{r_0^3 - r^3}{3} \right) \right\}. \quad (21) \end{aligned}$$

Входящий сюда множитель c_3 определён выражением (19).

Если выполняется неравенство (20), то, подставив в формулу (21) $r = r_3$, можно найти расстояние, которое пролетает шар с положительным ускорением.

Таким образом, при падении шара, радиус которого убывает по закону (15), оба интеграла уравнения движения (16) без учёта реактивной силы, выражаются в элементарных функциях.

Численный пример. Проведём расчёт при $r_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $e_2 = 0,07$ с⁻¹; $a = 4 \cdot 10^{-4}$ м/с. На рис. 3 цифрами 1,2,3,4 обозначены графики, полученные при $u_0 = 0; 10; 16,35; 20; 25$ м/с.

Из рис. 3, цифрами 1 и 2, отмечены кривые, которые имеют максимум при начальных скоростях $u_0 < 16,35$ м/с.

Решение задачи падения шара убывающей массы с учётом реактивной силы. Обобщим результаты предыдущего параграфа. Проекцию относительной скорости отделения частиц от шара V_r на вертикальную направленную вниз ось oz считаем постоянной, что согласуется с гипотезой К.Э. Циолковского [7]. В зависимости от знака этой проекции далее будем различать два случая: реактивная сила ускоряет и реактивная сила замедляет движение. В первом случае V_r отрицательна, а во втором – положительна. Поэтому уравнение полёта шара имеет вид

$$\frac{du}{dr} - gu = -g_2 r \mathbf{m} \frac{3}{r} V_r, \quad (22)$$

где $V_r \geq 0$; а знаки “ \mathbf{m} ” перед $(3/r)$ соответствуют первому и второму случаям движения.

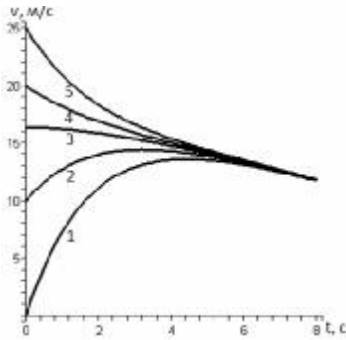


Рис. 3. Зависимость скорости от времени при разных начальных скоростях

При $V_r = 0$ (22) переходит в (17).

Частным решением уравнения (22), которое удовлетворяет начальному условию (5), является сумма

$$u(r) = \frac{g_2}{g^2} (gr + 1) \mathbf{m} 3V_r e^{gr} Ei(-gr) - c_4 e^{gr}, \quad (23)$$

в которой $c_4 = \left[\frac{g_2}{g^2} (gr_0 + 1) - u_0 \right] e^{-gr_0} \mathbf{m} 3V_r Ei(-gr_0)$.

Функция (23) имеет локальный максимум, когда

$$u_0 < \frac{1}{g} \left(g_2 r_0 \pm \frac{3}{r} V_r \right).$$

Для нахождения этого локального экстремума приходится численно решать трансцендентное уравнение

$$\frac{g_2}{g^2} \mathbf{m} 3V_r \left[\frac{1}{gr} + e^{gr} Ei(-gr) \right] - c_4 e^{gr} = 0. \quad (24)$$

Чтобы определить путь, пролетаемый падающим шаром, найдём интеграл (21) от скорости (23). Используя табличную квадратуру [8]

$$\int_0^x x e^{gx} Ei(-gx) dx = \frac{1}{g^2} [c - gx + \ln gx - (1 - gx) e^{gx} Ei(-gx)],$$

где $c \approx 0,577216$ – постоянная Эйлера, приходим к формуле

$$S(r) = \frac{2}{g^2 r_0^2 e_2} \left\{ g_2 \left(\frac{r_0^2 - r^2}{2} + g \frac{r_0^3 - r^3}{3} \right) + c_4 [(gr - 1)e^{gr} - (gr_0 - 1)e^{gr_0}] \mathbf{m} \right. \\ \left. \mathbf{m} 3V_r \left[g(r - r_0) + \ln \frac{r_0}{r} + (1 - gr)e^{gr} Ei(-gr) - (1 - gr_0)e^{gr_0} Ei(-gr_0) \right] \right\}. \quad (25)$$

Для вычисления перемещения целесообразно использовать таблицы интегральной показательной функции [5,6].

Во втором случае, когда реактивная сила замедляет движение, уравнение (24) имеет корень, которому соответствует максимум скорости падения. Характерно, что при таком действии реактивной силы возникает эффект отражения падающей частицы. При $r = r^*$, которое является корнем уравнения

$$\frac{g_2}{g^2} (gr + 1) + 3V_r e^{gr} Ei(-gr) - c_4 e^{gr} = 0,$$

происходит остановка падающей частицы и в дальнейшем она движется вверх. Для вычисления расстояния, пролетаемого падающей частицей, нужно подставить значение $r = r^*$ в формулу (25). Таким образом, решения (23), (24), (25) описывают эффект отражения падающего шара убывающих размеров встречной реактивной силой.

Изучим, как влияет реактивная сила на процесс движения. Для этого примем следующие исходные данные: $r_0 = 10^{-3}$ м; $e_2 = 0,1$ с⁻¹; $a = 2 \cdot 10^{-4}$ м/с;

$u_0 = 5$ м/с. Цифрами 1,2,3, на рис. 4 обозначены кривые соответствующие замедляющей реактивной силе со значениями $V_r = 8; 4; 2$ м/с, а цифрами 4,5,6 м/с – ускоряющей реактивной силе со значениями $V_r = 2; 4; 8$ м/с.

Из рис. 4 следует, что направление действия и величина реактивной силы, может существенно повлиять на скорость частицы.

На рис. 5 нанесены зависимости перемещения тела от времени, которые получены при тех же значениям реактивной силы, что и на рис. 4. Здесь на графике 1 есть экстремум, т.е. наблюдается вышеописанный эффект отражения тела замедляющей реактивной силы (кривая 1).

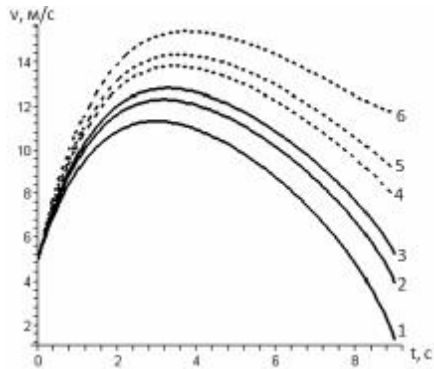


Рис. 4. Зависимость скорости от времени при разных значениях V_r

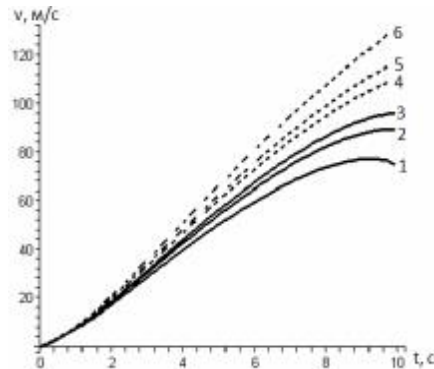


Рис. 5. Зависимость скорости от времени при разных значениях V_r

Выводы. Установлен факт отсутствия скорости витания при падении однородного шара с убывающим или возрастающим радиусом в газовой среде. Аналитически получены условия существования экстремума скорости падения, а также его отсутствия. Определён нелинейный характер асимптотики скорости полёта с течением времени.

Список литературы: 1. Жуковский Н.Е. Механика системы. Динамика твёрдого тела. – М.: Оборонгиз, 1939. – 293 с. 2. Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Об экстремумах скорости падения сферического тела переменной массы// Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып.: Динамика и прочность машин. – Вып. 22. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2007. – С. 147 - 152. 3. Кучеренко С.Л., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В., Тищенко Л.М. Баллистика капля, які випаровуються при польоті. – Харків, 2007. – 304с. 4. Мецгерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М.: Наука, 1986. – 448с. 5. Абрамовиц А., Стиган И., Справочник по специальным функциям(с формулами, графиками и математическими таблицами). – М.: Наука, 1979. – 832с. 6. Янке Е., Эмде Ф., Лёш Ф. Специальные функции. – М.: Наука, 1977.-344с. 7. Космодемьянский А.А. Курс теоретической механики. Ч. 2, 3-е изд., М.: Просвещение, 1966. – 398 с.

Поступила в редколлегию 15.04.08

А. В. БІЗЮК, канд. техн. наук, доцент ХНЕУ,
Н. І. ПРИБИТКОВА, викладач ХНЕУ

ОЦІНКА І ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ЕЛЕКТРОННОГО ВИДАННЯ

В статті аналізуються два підходи до організації мультимедійної інформації в електронних виданнях. Розглянуто структуру об'єднаного мультимедійного контенту, наведені пропозиції щодо використання програмного забезпечення.

В статье анализируются два подхода к организации мультимедийной информации в электронных изданиях. Рассмотрена структура объединенного мультимедийного контента, приведены предложения относительно использования программного обеспечения.

In the article two approaches to organization of multimedia information in electronic editions are analyzed. The structure of the incorporated multimedia content is considered, resulting suggestions for using software is given.

Вступ. Подібно тому, як друкарські матеріали і технічні засоби масової комунікації привели до гігантського розширення можливостей людського пізнання, фіксації і передачі досвіду комп'ютер повинен збільшити потенціал людського мислення, викликати певні зміни в структурі розумової діяльності. У рішенні цієї задачі основними є процеси організації і інтерпретації мультимедійної інформації.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є аналіз організації мультимедійного контенту при проектуванні електронних видань. Такий контент може бути закодований і представлений на екрані дисплея у вигляді математичних символів, таблиць, графіків і діаграм, зображення процесів, що доповнюються звуком, кольоровим зображенням і т.ін. [6]

В аналітичній літературі щодо організації мультимедійної інформації можна виділити два основні підходи (рис. 1).

1. Розподілений підхід, коли окремий документ може бути представлений в різних видах (версіях), у тому числі і у вигляді контенту різного типу для задоволення різноманітних запитів користувача.

2. Централізований підхід, коли окремі документи, створені в різноманітних середовищах логічно об'єднані в досягненні поставленої мети. У основу такого підходу може бути покладена інформаційна СУБД і інтеграційний спосіб зберігання інформації, можливо, з приведенням складових до єдиного внутрішнього формату (веденням блоку метаданих єдиної структури).

За видом носіїв електронні документи можна розділити на два основні потоки: документи на окремих фізичних носіях і документи онлайн –

мережеві ресурси, зосереджені на носіях інтернет-серверів або у файлових сховищах [1].

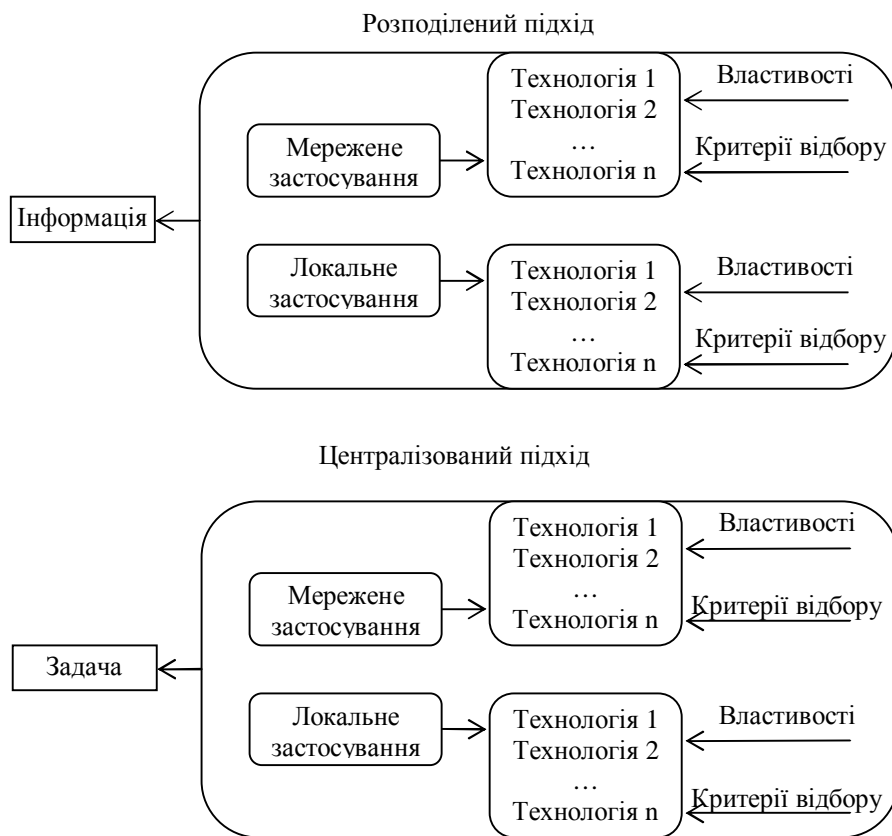


Рис. 1. Два підходи в організації мультимедійної інформації

На рис. 1. показано, що обидва підходи можуть мати як мережеве, так і локальне застосування, проте технології реалізації можуть відрізнятися. Кожна технологія володіє набором властивостей і повинна відповідати критеріям, визначеним поставленим завданням. Тому виникає проблема вибору оптимальної технології, як для мережевого, так і для локального застосування кожного з підходів.

Інтеграція інформації відбувається за принципом "інформація – це сервіс". Тобто, з погляду споживача інформації не існує сховищ інформації, форматів і структур її зберігання, а існує тільки сервіс, що доставляє йому ту інформацію, яку він зажадав в тому форматі, який він замовив. Всі деталі зберігання і структуризації інформації переховуються під стандартною оболонкою сервісу.

Сервіс – це програмний компонент, що реалізує закінчену функцію надання або обробки даних і що має строго визначений (стандартний) незалежний інтерфейс. Суттєво те, що споживач сервісу не зобов'язаний знати, якою мовою програмування написаний сервіс, на якій платформі він виконується, де він знаходиться - нічого, окрім його інтерфейсу. Властивості сервісно-орієнтованої архітектури дають можливість не тільки повторного використання компонентів, розроблених як сервіси, але й використання раніше створених, "успадкованих" компонентів шляхом створення для них "обгортки", що приводить їх інтерфейси до стандартів сервісів. Після представлення процесів бізнесу у вигляді сервісів програмні засоби забезпечують "хореографію процесів" бізнесу - послідовність звернень до сервісів, що реалізує потік виконання компонентів процесу. [5]

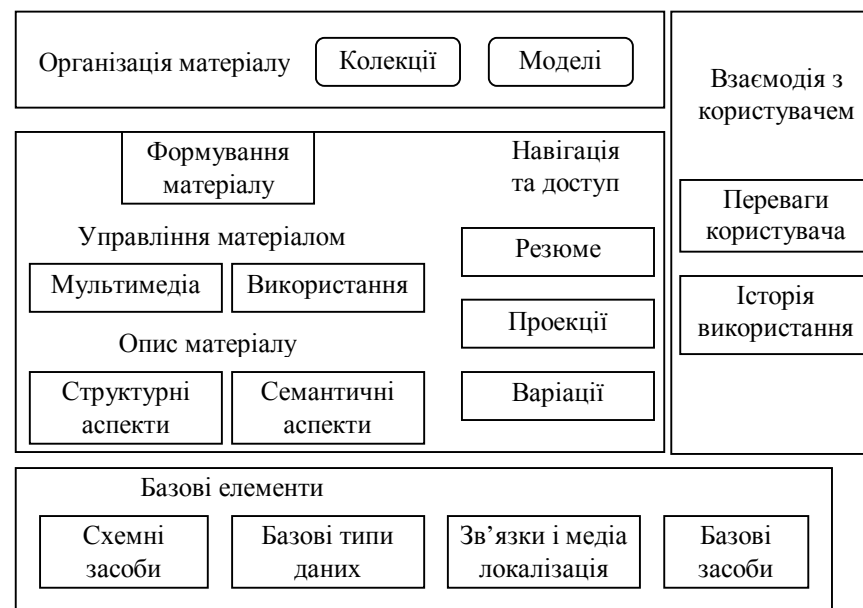


Рис. 2. Формування контенту МЕВ в централізованому підході.

Звичайно під мультимедіа мається на увазі об'єднання в комп'ютерній системі таких засобів представлення інформації, як текст, звук, графіка, мультиплікація, відеозображення і просторове моделювання. [5] Таким чином при реалізації централізованого підходу слід основну увагу приділити вибору середовища, яке дозволить створити оболонку для об'єданого мультимедійного контенту, а також способу організації матеріалу, призначеного для реалізації майбутнього проекту (рис. 2). Таке об'єднання засобів забезпечує якісно новий рівень сприйняття інформації: людина не просто пасивно споглядає, а бере активну участь в тому, що відбувається. Програми з використанням засобів мультимедіа багатомодальні, тобто вони одночасно впливають на декілька органів чуття і тому викликають підвищений інтерес і увагу в аудиторії. [5]

Як основний програмний засіб створення МЕВ пропонується один з найбільш могутніх авторських засобів мультимедіа, як, наприклад, продукти фірми Macromedia: Director, Toolbook II Instructor, Authorware. Всі вони дозволяють створювати інтерактивні додатки в середовищі Windows, не вдаючись до використання традиційного програмування, вибираючи необхідні об'єкти з набору інструментів, розміщуючи їх на робочій поверхні і вказуючи реакцію цих об'єктів на ті або інші дії користувача. Серед російських розробок слід зазначити HyperMethod фірми Prog.Systems AI Lab, використовувану поряд російських фірм для створення мультимедійних CD.

Вказані засоби надають автору готовий набір елементів інтерфейсу для вибору найбільш відповідного, на його думку, способу організації вікна, вказівці джерел (або безпосереднє введення) текстової, графічної і мультимедіа інформації і встановлення взаємозв'язків між різними кадрами.

Висновки. Обидва означених підходи – від наявної інформації та від кінцевої задачі – можуть бути застосовані при створенні мультимедійних електронних видань. Вибір того чи іншого підходу впливає на технології підготовки мультимедійного контенту та на використані програмні засоби.

Список літератури: 1. Баркова О.В. Путь онлайн-документа в библиотечном технологическом процессе // Библиотеки национальных академий наук: Проблемы функционирования, тенденции развития. - К., 2003. - Вып. 2. - С. 209-216. 2. Вуль В.А. Электронные издания: Учебник М.-СПб.: Изд-во «Петербургский институт печати», 2001. 308 с. 3. Деревянко А.С. Консолидированная информация. Введение. Тезисы доклада на установочном заседании семинара "Консолидированная информация" 5.12.2006. 4. Дрешер Ю.Н. Применение мультимедийных технологий в образовательном процессе. Материалы четырнадцатой международной конференции «Крым 2007» «Библиотеки и информационные ресурсы в современном мире науки, культуры, образования и бизнеса». <http://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2007/cd/153.pdf>. 5. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Системотехника. - М.: Радио и связь. 1985, - 200 с. 6. Классификация электронных средств учебного назначения <http://www.ido.tsu.ru/ss/?unit=223&page=650>. 7. Осин А.В. Технология и критерии оценки образовательных электронных изданий. <http://ito.edu.ru/2001/ito>

Поступила в редколлегию 21.05.08

А. В. БІЗЮК, канд. техн. наук, доцент ХНЕУ,
В. М. ГІКОВАТИЙ, канд. економ. наук, доцент ХНЕУ

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ДИНАМІЧНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ WEB-ДОДАТКІВ

В статті надається класифікація особливостей Web-додатків нового покоління, які слід враховувати при розробці мережевого мультимедійного контенту. Наведені приклади відповідного сучасного програмного забезпечення.

В статье представлена классификация особенностей Web-приложений нового поколения, которые следует учитывать при разработке сетевого мультимедийного контента. Приведены примеры соответствующего современного программного обеспечения.

Classification of features of Web-applications of new generation, which it is necessary to take into account at development of network multimedia content, is given in the article. The examples of the proper modern software are shown.

Вступ. Створення електронних видань навчальних дисциплін є одним з основних напрямків інформатизації всіх форм і рівнів освіти в Україні. Універсальної технології створення електронних видань навчальних дисциплін не існує. Як правило, при розробці електронних видань навчальних дисциплін виділяють два технологічних етапи:

докомп'ютерний (попередній) етап, на якому в основному вручну здійснюється підготовка необхідних навчальних і методичних матеріалів для створення;

комп'ютерний етап, на якому здійснюється подання підготовлених навчальних матеріалів в електронному виді як для мережі Інтернет (для відкритого дистанційного навчання), так і для CD-версії.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є аналіз особливостей розвитку сучасних Web-додатків, які слід враховувати при розробці мережевого мультимедійного контенту мультимедійних електронних видань.

Для програмних проектів нового покоління будуть характерні динамічні, інтерактивні, відкриті і дуже гнучкі прикладні системи. За своїми можливостями вони перевершуватимуть не тільки класичні Web-додатки, але і програми для настільних комп'ютерів.

Якщо говорити коротко, то нове покоління Web-додатків значно відрізняється від звичних Web-технологій. Основними відмінностями є:

1. Функціональна насиченість Web-додатків.

В даному випадку "насиченість" має на увазі високий ступінь інтерактивності, розвинений інтуїтивно зрозумілий призначений для користувача інтерфейс, який не поступається своїми можливостями

інтерфейсам автономних програм для настільних комп'ютерів, надання широкого спектру різних можливостей.

При роботі в Інтернеті інтерфейс насиченого додатку повинен передбачати такі функції, як буксирування об'єктів за допомогою мишки, виклик контекстно-залежних меню, а також генерація інтерактивних графіків і звітів, що відображають стан даних у реальному часі.

Коли ми говоримо про насичений Web-інтерфейс, важливо зрозуміти, що він не обов'язково включає безліч яскравих анімацій і миготливих піктограм. Простий і зрозумілий інтерфейс додатку, що виконується на тому або іншому сервері, може бути дуже насиченим в сенсі надання користувачам як доступу до інформації, так і можливості задавати настройки і параметри.

Однією з головних технологій в даній області є AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) — заснована на стандартах мова, що дозволяє розробляти насичені Web-інтерфейси, які абсолютно однаковим чином функціонують в будь-якому браузері, створеному з дотриманням стандартів.

Насправді мова AJAX не є новою технологією. Він використовує давно відомі інструменти, наприклад JavaScript, але таким чином, що дає можливість створювати з їх допомогою інтерактивні Web-додатки.

Одне з суттєвих достоїнств AJAX полягає в тому, що він не вимагає вивчення чогось цілком нового. За допомогою цієї мови додатку можна створювати практично в будь-якому середовищі. А різні набори інструментів — від Microsoft Visual Studio до Adobe Dreamweaver — включають безліч засобів розробки і підказок, що допомагають швидко освоїти AJAX.

Втім, насичення інтерфейсу обмежене функціонально. Занадто висока інтерактивність здатна вивести з ладу будь-який Web-додаток.

2. Відкритість створених проектів.

В світі Web-додатків наступного покоління відкритість в плані стандартизації, яка дозволяє легко провести інтеграцію даних і додатків будь-якого ступеня складності і надійності, має найважливіше значення. В даний час сучасні сайти і додатки повинні взаємодіяти зі всіма поширеними Web-браузерами і операційними системами.

Основні технології створення Web-додатків наступного покоління в більшості своїй значно спрощують дотримання стандартів Інтернету як тих, що давно існують, так і таких, що перебувають у процесі становлення. Вище вже наголошувалося, що мова AJAX сам по собі заснована на загальноприйнятих стандартах Всесвітньої павутини. Найбільш довершені додатки, створені за допомогою AJAX, повинні функціонувати абсолютно однаковим чином незалежно від використовуваних браузерів або платформ.

Крім того, органи стандартизації, такі як World Wide Web Consortium і OASIS, в даний час працюють над деякими новими специфікаціями форматів і стандартів на зразок Compound Document Format, які дозволять наділити Web-додатки наступного покоління відсутніми раніше можливостями.

Додаток, написаний відповідно до запатентованих стандартів, що ускладнюють інтеграцію з іншими прикладними системами, не може бути зарахований до передових Web-технологій. Якщо користувачі певного додатку виявлять, що воно диктує їм способи його застосування, вони, швидше за все, відмовляться від його використання. Прихильність до відкритих стандартів і систем гарантує, що додаток здатний розвиватися і пристосовуватися до змінних умов.

3. Динамічний характер даних в середовищі проекту.

Web-додатки, створені в рамках старої школи, поводитися з даними в досить обмеженому спектрі можливостей. Вони могли дістати доступ до даних, але після цього практично не мали можливості ними управляти.

На відміну від них Web-додатки наступного покоління набувають все більш широкі можливості для обробки даних на льоту. Це відкриває перед користувачами перспективу взаємодії з даними у реальному часі, замість того щоб для отримання нових даних постійно перезавантажувати Web-сторінку.

Використовуючи такі стандарти, як JSON (JavaScript Object Notation), сучасні Web-додатки надають користувачам розширені засоби управління поступаючими даними. Крім того, вони забезпечують набагато вищий рівень відмовостійкості, що дозволяє зберігати дані на клієнтських комп'ютерах. Це відрізняє їх від тих, що створювалися для архітектури клієнт-сервер класичних Web-додатків, в яких доступ до додатку і даних повністю втрачався при розриві з'єднання.

Інша важлива зміна, що зачіпає проблему даних, пов'язана з появою концепції Semantic Web і супутніх стандартів і технологій.

Технології "семантичного Web" дозволять інтернет-додаткам направляти запити і взаємодіяти з даними, що містяться на сайтах і в додатках в будь-якій точці Всесвітньої павутини. Це відкриває можливість для розробки цілком нового покоління додатків, які володіють інформацією про характер даних (data-aware).

Здатність сучасних Web-додатків обробляти ширший спектр даних привела до суттєвого розширення можливостей у області їх розробки і тестування. Багато заснованих на стандартах середовищ розробки допускають використання невеликих за об'ємом файлів XML для створення прототипів, налаштування і тестування нових Web-додатків.

Ці вдосконалені функції управління даними дозволяють наділяти Web-додатки багатьма можливостями, більше властивими звичним програмам для настільних ПК, — це і локальне зберігання даних, і швидкість реагування, і звичайно ж можливість роботи без підключення до мережі.

4. Забезпечення роботи в оффлайнному режимі.

До теперішнього часу оффлайнний доступ був характерною рисою програм, що розроблялися суцільно для настільних ПК? Але розвиток мережених послуг визначає необхідність поєднання обох стилів роботи — онлайн та оффлайн.

У ідеалі постійний доступ до мережі незалежно від місцезнаходження користувача повинен бути основною межею сучасних Web-розробок, але реальність виглядає інакше. Щоб Web-додатки нового покоління дійсно могли стати альтернативою традиційним програмам для настільних комп'ютерів, в них необхідно реалізувати ідею оффлайнного доступу.

Наприклад, новий продукт на основі технології "ПЗ у вигляді сервісу" (Software As a Service, SAAS), що надає користувачам величезні переваги, повинен забезпечувати користувачам всі заявлені можливості як в умовах бізнесу в корпоративному офісі, такі впродовж шестигодинного перельоту.

Виникаюча на практиці необхідність забезпечити можливість роботи без підключення до Мережі не залишилася непоміченою основними виробниками ПЗ. Корпорація Google, один з головних протагоністів Web-додатків наступного покоління, випустила бета-версію продукту під назвою Gears, який дозволяє дістати оффлайнний доступ до додатків Google.

Крім того, нове середовище виконання Adobe AIR (Adobe Integrated Runtime) дозволяє створювати насичені інтернет-додатки, які працюють поза браузером і можуть використовувати оффлайнові дані. Так, це дуже схоже на звичайні додатки для настільних комп'ютерів). Mozilla Foundation також планує доповнити наступну версію свого браузера Firefox підтримкою роботи в оффлайні.

Саме по такій моделі будуються Web-додатки наступного покоління. Користувачі хочуть мати можливість налаштовувати, пристосовувати і змінювати їх відповідно до своїх конкретних потреб. Такі додатки часто називають змішаними або складеними (mashup).

З погляду багатьох користувачів, Web-додаток, який не можна легко і просто підлаштувати під свої потреби або використовувати спільно з іншими програмами, є неповноцінним. Його не слід застосовувати або набувати. Дозволити користувачам створювати складені додатки, додавати до них нові функції і інтегрувати їх з іншими системами — це спосіб завоювати лояльність клієнтів.

Висновки. Таким чином здатність Web-додатків наступного покоління безперервно видозмінюватися і адаптуватися до нових технологій, стандартів і побажань кінцевих користувачів кардинальним чином змінить не тільки способи застосування Web-додатків, але і погляди на використовуване ПЗ в цілому.

Список літератури: 1. Баркова О.В. Путь онлайнного документа в библиотечном технологическом процессе // Библиотеки национальных академий наук: Проблемы функционирования, тенденции развития. - К., 2003. - Вып. 2. - С. 209-216. 2. Вуль В.А. Электронные издания: Учебник М.-СПб.: Изд-во «Петербургский институт печати», 2001. 308 с. 3. Вендров А.М. Современные технологии создания программного обеспечения. Обзор. Информационный бюллетень Jet Info Online, 4/2004 http://www.redbrick.ru/art_softwaredevelopment01.html.

Поступила в редколлегию 21.05.08

А. В. БІЗЮК, канд. техн. наук, доцент, ХНЕУ

І. Г. БІЗЮК, ст. викл., ХарДАЗТ

ВИМОГИ ДО СТАНДАРТИЗАЦІЇ ПРОЦЕДУРИ ТЕСТУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

В статті надається аналіз вимог до стандартизації тестування студентів за допомогою електронних систем, пропонуються двофазова методика проведення такого тестування.

В статті надається аналіз вимог до стандартизації тестування студентів за допомогою електронних систем, пропонуються двофазова методика проведення такого тестування.

In the article the analysis of requirements to standardization of testing of students by the electronic systems is given, two-phase method of conducting of such testing is offered.

Вступ. Головна мета сучасної української системи освіти — створення умов для розвитку й самореалізації кожної особистості як громадянина України, здатної навчатися протягом життя й розвивати цінності громадянського суспільства. Освіта є органічною складовою суспільного організму, який перебуває в постійному розвитку, його своєрідною функцією. Відповідно до Закону України Про вищу освіту [3], зміст вищої освіти — це система знань, умінь і навичок, професійних, світоглядних і громадянських якостей, обумовлена цілями та потребами суспільства, і яка має бути сформована в процесі навчання з урахуванням перспектив розвитку суспільства, науки, техніки, технологій, культури та мистецтва. При цьому визначення змісту вищої освіти повинне виходити з єдності завдань навчання і виховання, шляхів підготовки всебічно розвинених, діалектично мислячих фахівців. Підготовлені вищою школою фахівці повинні мати доволі широкий науковий кругозір й уміти творчо і раціонально застосовувати знання на практиці, безперервно вдосконалюючи їх [2].

Вища школа на сучасному етапі свого розвитку послідовно та неухильно переходить до нового якісного стану. Суттєво змінюються принципи, методи, форми та засоби навчання. Навчання — багатогранний процес, і контроль знань лише одна з його сторін. У практиці вищої освіти відомі різні методи поточного, рубіжного й підсумкового контролю знань. Найпоширеніші методики усного опитування й письмових контрольних робіт. Звичайно такі види контролю не співвіднесені з діагностичними цілями навчання.

Постановка задачі. Основним завданням дослідження є розробка інформаційно-методичної технології використання системи контролю Moodle та наступний аналіз результатів з урахуванням зворотного зв'язку. Запропоновано використання вагових коефіцієнтів для більш точного визначення ступеню знань студентів. Відповідно розглянуті алгоритми

обробки і аналізу результатів тестування і експертного оцінювання питань тестів.

Перевірка знань, як правило, є завершальним етапом в процесі вивчення будь-якої навчальної дисципліни. Вона дозволяє визначити рівень засвоєння знань. Останнім часом широкого поширення в організації цього етапу учбового процесу набули тести. Відповіді на невеликі за розміром питання при достатній їх кількості дозволяють визначити рівень учбових досягнень студента, як по окремих темах, так і по всій дисципліні в цілому. Оцінювання рівня досягнень студентів на різних етапах процесу навчання за допомогою тестів досягнень дозволяє визначити ступінь ефективності тих або інших спеціальних програм навчання, рівень професійної підготовки. Використання тестів досягнень спрямоване на виявлення міри оволодіння конкретними знаннями, уміннями, навичками, оцінювання якої може здійснюватися на різних етапах навчання.

Тести досягнень як інструмент оцінювання мають значні відмінності від досить близького поняття контрольних робіт. По-перше, тести є якіснішим і достовірнішим способом оцінювання за рахунок високої об'єктивності процесу перевірки результатів. По-друге, що найбільш важливо і принципово, показники тестів орієнтовані на вимірювання ступеня, визначення рівня засвоєння ключових понять, тем і розділів учбової програми, умінь, навичок і ін., а не на констатацію формально засвоєних знань. Стандартизована форма оцінки, використовувана в тестах досягнень, дозволяє співвіднести рівень досягнень студента з певної дисципліни в цілому і по окремих її розділах з середнім рівнем досягнень на курсі, визначити прогрес досягнень кожного.

Головною ознакою таких тестів є їх формалізованість і висока міра достовірності оцінювання, що проводиться за їх допомогою. Ця висока ступінь адекватності результатів забезпечується за рахунок стандартизації питань і відповідей, особливої процедури тестування і способів обробки результатів; підтвердження якості тесту; визначення надійності, валідності, дискримінативності і використання математичного статистичного інструментарію для аналізу отриманих результатів [1].

Щоб дати якнайповнішу характеристику рівня підготовленості студентів, використані тести мають бути об'єктивними та незалежними, що визначається ступенем їх стандартизованості.

Стандартизація розуміється в двох аспектах:

- стандартизація процедури і умов проведення тестування, способів обробки і інтерпретації результатів, які повинні привести до створення рівних умов для випробовуваних і мінімізувати випадкові помилки і погрішності як на етапі проведення, так і на етапі обробки результатів і інтерпретації даних;

- стандартизація результатів, тобто отримання норми, шкали оцінки, яка служить підставою для визначення рівня оволодіння матеріалу, що з'ясує даний тест; при цьому не важливо, якого роду норми виходять і які шкали використовуються.

Крім розробки тесту і оцінки його якості, процес тестового контролю передбачає розробку засад застосування тестів. У англо-американській літературі ця частина контролю називається Test Administration. Завдання цієї діяльності нібито мають мало загального із змістом теорії тестів. По суті, ми маємо тут справу з необхідністю організації тієї частини процесу, яка займається вживанням тестів. У західній літературі виділяється шість завдань, що вирішуються теорією Test Administration [4].

1. Організація тестового контролю відповідно до інструкцій розробників тесту або до інструкцій керівних органів навчального закладу;

2. Підготовка випробовуваних до тестування, робота з ними під час контролю і після нього;

3. Створення необхідних матеріально-технічних умов для якісної організації тестового контролю: підготовка місця, техніки, приладів, програмно - методичного забезпечення;

4. Створення сприятливих психологічних умов для позитивного ставлення до тестування;

5. Здійснення таких форм пред'явлення тесту випробовуваним, які забезпечують ефективний і якісний збір даних, як в режимі індивідуального, так і групового контролю;

6. Розробка оптимальної системи підрахунку балів, методів інтерпретації і представлення даних.

Таким чином, якщо для розробки тестів потрібні знання теорії тестів, то для наукової організації всього процесу доводиться думати про необхідність методології тестового контролю, що охоплює, крім розробки тестового методу, питання застосування тестів для різних цілей, інтерпретації тестових результатів, розробки принципів наукової організації тестового контролю.

На підставі вищезгаданого пропонується наступний порядок проведення тестування:

1. Попередня фаза тестування. Студентам пропонується обширний тест з досить великою кількістю тестових завдань різного ступеню складності.

Після отримання результатів тестування проводиться статистичний аналіз складності питань вбудованим інструментарієм системи Moodle спільно з статистичним пакетом Excel, визначаються рівні складності питань, виводяться вагові коефіцієнти.

Окремо аналізуються питання з малим відсотком кількості вірних відповідей на предмет суті помилок. В результаті або корегується невелике формулювання завдання, або корегуються акценти лекційно-лабораторного курсу з метою посилення вивчення складного матеріалу.

Результати тестового оцінювання можуть використовуватись для поточного контролю на лабораторних роботах.

2. Поточна фаза тестування. Відкориговані тести с ваговими коефіцієнтами використовуються для організації наступного тестування. Інструментарій вбудованої тестуючої системи навчального середовища

Moodle дозволяє створювати тестові пакети з випадковим набором тестових завдань, як у всьому тесту взагалі, так і по окремих вагових категоріях складності, що підвищує процедурну валідність тестування. Вагові коефіцієнти автоматично використовуються системою при розрахунках підсумкової оцінки.

Результати тестового оцінювання можуть використовуватись для контролю як у формі поточного контролю на лабораторних роботах, так і у формі підсумкового контролю на іспитах.

Висновки. В результаті проведеного дослідження був виконаний аналіз наявних методів тестування студентів, визначені ключові критерії валідності (якості) тестів, розглянуті основні завдання процесу тестування та алгоритмів обробки результатів тестування. За основу практичного впровадження була прийнята вбудована тестуюча система навчального середовища Moodle, як така, що відповідає основним критеріям як структури тестів, так і процедури тестування.

Для більш точного визначення результатів запропонована методика введення вагових коефіцієнтів на підставі статистичного аналізу. Слід зауважити, що інструментальні засоби тестуючої системи навчального середовища Moodle, за допомогою яких проведено таке визначення, надають широкі можливості для вдосконалення тестового оцінювання.

Таке покращення якості розподілу оцінок після застосування вагових коефіцієнтів може бути відображене у зростанні коефіцієнту кореляції з нормальним розподілом очікуваних результатів.

В результаті апробації даної методики були успішно відпрацьовані порядок збору даних та проведення попередньої фази тестування, та порядок проведення поточного тестування з використанням вагових коефіцієнтів.

Список літератури: 1. Аванесов В.С. Научные основы тестового контроля знаний. М.: Исследовательский центр, 1994. 135 с. 2. Андрущенко В. П. Освіта України в контексті суспільних проблем та суперечностей//Збірник наукових праць до 10-річчя АПН України/Академія педагогічних наук України. -Ч. 2. - Харків:ОВС, 2002. - С. 3–16. 3. Закон України «Про вищу освіту»: Науково-практичний коментар/ В. Г. Гончаренко, К. М. Лемківський, С. Л. Лисенков, О. С. Лисенкові / За заг. ред. В. Г. Кременя. - К.: СДМ-Студіо, 2002. - 323 с. 4. Моисеев В.Б., Усманов В.В., Пятирублевый Л.Г., Таранцева К.Р., Статистический подход к принятию решений по результатам тестирования для тестов открытой формы. Ж. "Открытое образование" N1, 2001, с.51-57

Поступила в редколлегию 21.05.08

УДК 681.3.06

Л. Б. КАЩЕЕВ, канд. техн. наук,
В. К. СОКОЛЬСКАЯ, студентка НТУ «ХПИ»

ФРАКТАЛЬНОЕ СЖАТИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В статье рассматривается метод фрактального сжатия та відновлення графічної інформації за допомогою афінних перетворень. Зроблені висновки про позитивні та негативні аспекти використання даного методу на практиці.

В статье рассматривается метод фрактального сжатия и восстановления графической информации при помощи аффинных преобразований. Сделаны выводы о позитивных и негативных аспектах применения данного метода на практике.

In the article there have been proposed method of fractal compression and restoration of the graphic information by means of affine transformations. Conclusions are made on positive and negative aspects of application of the given method in practice.

Введение. Технологии машинной графики в наше время играют все более важную роль во многих областях человеческой жизни. Неотъемлемыми атрибутами современной вычислительной техники становятся программно-аппаратные средства цифровой обработки изображений. Высококачественные оцифрованные изображения, а тем более видеоинформация в несжатом виде, представляют собой огромные массивы данных, для хранения которых требуются значительные объемы памяти ЭВМ. Для уменьшения объемов хранимых и передаваемых данных используются различные методы их сжатия. Наиболее распространенные алгоритмы сжатия без потерь, такие как: RLE (Run-Length Encoding), LZW (Lempel-Ziv-Welch), ZIP, лучше всего работают с изображениями, содержащими преимущественно низкочастотный спектр. Однако это кодирование плохо подходит для изображений с плавным переходом тонов, таких как фотографии. Для сжатия изображений, содержащих высокочастотный спектр, обычно используют алгоритмы компрессии с потерями, когда часть информации безвозвратно теряется. При этом качество субъективного восприятия восстановленного затем изображения может и не ухудшиться благодаря некоторым особенностям человеческого глаза. Одним из таких алгоритмов является метод фрактального сжатия изображений.

В 1988 году известные американские специалисты в теории динамических систем и эргодической теории Барнсли и Слоан предложили несколько алгоритмов, основанных на соображениях теории динамических систем, для сжатия и хранения графической информации. Они назвали свой метод методом фрактального сжатия информации. Для реальных изображений природных объектов данный алгоритм позволяет получить

очень высокие коэффициенты сжатия (до 1000 раз при приемлемом визуальном качестве), что недоступно для других алгоритмов.

Постановка задачи. Фрактальная архивация основана на том, что изображение представляется в более компактной форме — с помощью коэффициентов системы итерируемых функций – IFS (Iterated Function System). IFS представляет собой набор трехмерных аффинных преобразований, переводящих одно изображение в другое.

Отображение $f: R \rightarrow R$ в полном метрическом пространстве (R, r) называется сжимающим, если $\exists a < 1: \forall x, y \in R r(f(x), f(y)) < ar(x, y)$. Системе из n сжимающих преобразований $F = f_1, \dots, f_n$, действующих в полном метрическом пространстве (R, r) , ставится в соответствие оператор системы итерируемых функций $F^*(X) = \bigcup_{i=1}^n f_i(X)$, где $X \subseteq R, f(X) = \{f(X) | x \in X\}$. Такое отображение является сжимающим с коэффициентом $a = \max_{1 \leq i \leq n} a_i$.

Преобразованию подвергаются точки в трехмерном пространстве (x_координата, y_координата, яркость). Наиболее простая IFS состоит из аффинных преобразований плоскости:

$$\begin{aligned} x' &= a \cdot x + b \cdot y + c \\ y' &= d \cdot x + e \cdot y + f \end{aligned} \quad (1)$$

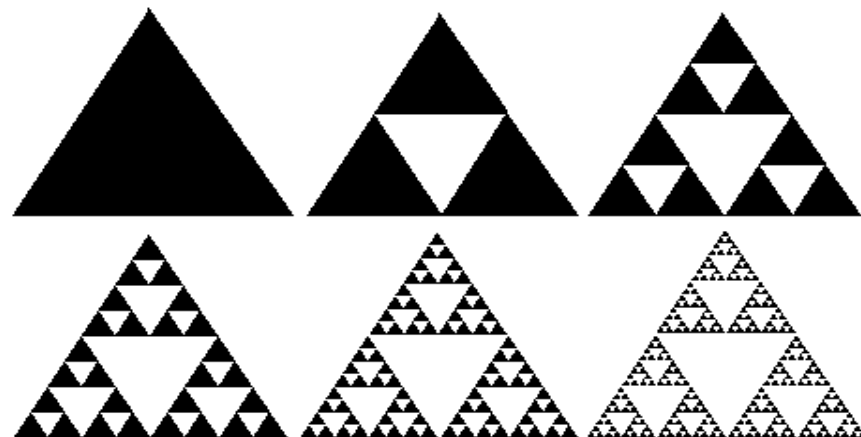
где a, b, c, d, e, f – коэффициенты этих преобразований.

Пример действия системы итерируемых функций из трех аффинных преобразований – построение треугольника Серпинского. Пусть

$$\begin{aligned} f_1(x, y) &= \left(\frac{1}{2}x, \frac{1}{2}y \right) \\ f_2(x, y) &= \left(\frac{1}{2}x + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}y \right) \\ f_3(x, y) &= \left(\frac{1}{2}x + \frac{1}{4}, \frac{1}{2}y + \frac{\sqrt{3}}{4} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

действуют в пространстве $R = [0; 1]^2$ с евклидовой метрикой. Данные отображения являются сжимающими и их неподвижные точки есть вершины равностороннего треугольника (их координаты $(0, 0), (1, 0), \left(\frac{1}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$

соответственно). Последовательно применяя оператор данной системы итерируемых функций получаем так называемый треугольник Серпинского.



Построение треугольника Серпинского

Результаты исследования. Каждое преобразование, полученное с помощью IFS задается буквально считанными байтами, в то время, как изображение, построенное с их помощью, может занимать и несколько мегабайт. Соответственно, идея сжатия состоит в поиске таких систем преобразований, которые бы в процессе итерирования приближали желаемое изображение. Сложность такой задачи в общем случае очень высока. Однако если рассматривать изображение как функцию и ограничивать вид преобразований аффинными преобразованиями, то задача упрощается. Тем не менее, время работы, требуемое для поиска коэффициентов преобразования, слишком велико. Для ускорения алгоритма поиска коэффициентов налагаются специальные ограничения на вид и размер множеств, к которым применяются преобразования, а также на сам вид преобразований, т.е. фиксированное множество углов поворота и коэффициентов масштабирования. Таким образом, задача становится дискретной и возможен прямой подбор параметров.

Фактически, фрактальная компрессия — это поиск самоподобных областей в изображении и определение для них параметров аффинных преобразований.

В результате программной реализации алгоритма фрактального сжатия изображений были получены следующие результаты сжатия треугольника Серпинского.

Метод сжатия	Размер изображения (Кб)					
	1 итерация	2 итерация	3 итерация	4 итерация	5 итерация	6 итерация
GIF	1,3 Кб	1,4 Кб	1,5 Кб	1,6 Кб	1,8 Кб	1,8 Кб
Фрактальное сжатие	2,7 Кб	3,1 Кб	4,3 Кб	5,4 Кб	6,0 Кб	6,0 Кб

Изображение в формате GIF (Graphics Interchange Format) имеет меньший размер, чем при фрактальном сжатии. Это объясняется тем, что GIF использует формат сжатия LZW. Таким образом, хорошо сжимаются изображения, строки которых имеют повторяющиеся участки. GIF использует формат сжатия LZW. Таким образом, хорошо сжимаются изображения, строки которых имеют повторяющиеся участки. Например, изображения, в которых много пикселей одного цвета по горизонтали. В данном случае треугольник Серпинского идеально подходит для хранения в формате GIF.

Выводы. Итак, понятно, что IFS задает фрактальную структуру, сколь угодно близкую к исходному изображению. При внимательном рассмотрении процесса построения изображения с ее помощью становится понятно, что восстанавливаемое изображение может иметь любое разрешение. На этапе архивации проводится распознавание изображения, и в виде коэффициентов хранится уже не растровая информация, а информация о структуре самого изображения. Именно это и позволяет при развертывании увеличивать его в несколько раз. Особенно впечатляют примеры, в которых при увеличении изображений природных объектов проявляются новые детали, действительно этим объектам присущие (например, когда при увеличении фотографии скалы она приобретает новые, более мелкие неровности). Масштабирование - уникальная особенность, присущая фрактальной компрессии.

Список литературы: 1. Алимов Ш.А. Принцип сжатых отображений (Методы прикладного анализа). М.: Знание, 1983. – С.64. 2. Бондаренко В.А., Дольников В.Л. Фрактальное сжатие изображений по Барнсли-Слоану // Автоматика и телемеханика. 1994. – №5. – С.12-20. 3. Шабаршин А.А. Метод фрактального сжатия изображений // Научные школы УПИ-УГТУ 1997. – №1. – С.70-82. 4. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений / Под ред. Ю.Б.Зубарева, В.П.Дворковича. М, 1997. – С.216. 5. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – С.54-58.

Поступила в редколлегию 02.03.08

С. А. КАМИНСКАЯ, студент НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В статті розглядається проблема оптимальної поведінки виробничо-економічної системи з урахуванням особистих інтересів активних елементів – підприємств і керуючого центру в умовах відсутності необхідної інформації. Для наближення до розв'язання цієї проблеми використовуються можливості теорії активних систем, теорії ігор, теорії нечітких множин та регресійного аналізу.

В статье рассматривается проблема оптимального поведения производственно-экономической системы с учетом индивидуальных интересов активных элементов - предприятий и управляющего центра в условиях отсутствия необходимой информации. Для приближения к решению этой проблемы используются возможности теории активных систем, теории игр, теории нечетких множеств и регрессионного анализа.

In the article the problem of optimum behaviour of production-economic system in view of individual interests of active members – the enterprises and the controlling center in conditions of lack of the necessary information is considered. For approach the decision of this problem the opportunities of theory of active systems, game theory, theory of fuzzy sets and regression analysis are using.

Введение. Рассматриваемая проблема является достаточно сложной и актуальной, поскольку современное управление предприятием должно учитывать тот факт, что интересы всех участников производственно-экономического процесса не совпадают, что в свою очередь приводит к возникновению конфликтов на различных уровнях производственно-экономической системы: как между центром и предприятиями, так и между самими предприятиями. Отличительной особенностью конфликтной ситуации является то, что решение принимается несколькими участниками, и функция выигрыша каждого участника зависит не только от его стратегии, но также и от решений других участников. Моделью такого рода конфликтов является игра. Достоинством игрового подхода является то, что такая модель учитывает основные интересы действующих лиц, позволяет выработать рекомендаций для игроков, то есть определить для них оптимальные стратегии и найти результаты их деятельности. Основным недостатком теоретической игры является необходимость знания параметров, характеризующих деятельность предприятий. Эта информационная проблема не просто осложняет решение игровой задачи, но и делает невозможным применение результатов теоретического расчета.

В целом при решении проблем оптимального управления предприятиями и оптимального поведения самих предприятий возникают следующие затруднения:

- неопределенность позиций игроков в их взаимоотношениях между собой и управляющим центром;
- сложность выбора со стороны центра законов управления;
- затруднения, связанные с расширением стратегической игры до уровня нестратегической;
- технология использования игроками априорной информации о производственных возможностях оппонентов.

Постановка задачи. Для приближения к решению проблемы делается попытка постановки и решения задачи планирования производства продукции в рамках теории активных систем. Рассматривается централизованная система, состоящая из планирующего органа (центра) и трех предприятий – производителей однородной продукции (активных элементов). Функционирование системы рассматривается на протяжении планового периода. Каждый элемент системы имеет свой критерий (единственный) и управляющие воздействия. В нашей задаче критерием центра является минимизация суммарных затрат при условии, что суммарный выпуск продукции равен ожидаемому спросу R . Задача центра в этом периоде – назначить каждому предприятию такой план по выпуску продукции x_i , чтобы суммарный выпуск был бы равен спросу на данную продукцию $\sum_{i=1}^3 x_i = R$, а суммарные затраты на производство продукции были бы минимальными. Спрос на продукцию, производимую данными предприятиями, постоянен в течение рассматриваемого периода и является величиной известной. Управляющее воздействие центра – закон управления.

Критерием предприятия является максимизация прибыли D_i от производства продукции в рассматриваемом периоде:

$$D_i = (I x_i - z_i) \rightarrow \max,$$

где I - цена продукции;

x_i – план по выпуску продукции для i -го предприятия;

z_i – затраты i -го предприятия на выпуск продукции в количестве x_i .

Каждое предприятие характеризуется в рассматриваемом периоде своим коэффициентом эффективности производства r_i . При этом каждому предприятию в рассматриваемом периоде известен свой коэффициент эффективности производства и неизвестны коэффициенты эффективности производства других предприятий. Как и в работе [1] используется агрегированная квадратичная модель затрат предприятия с одним параметром: коэффициентом эффективности производства: $z_i = \frac{1}{2r_i} x_i^2$.

Необходимо исследовать оптимальное поведение каждого из участников производственно-экономической деятельности, а для активных элементов – определить ее результаты.

Решение задачи. Если бы центр знал коэффициенты эффективности всех предприятий, то задача оптимального функционирования системы сводилась бы к оптимизационной задаче, решить которую достаточно просто. Проблема возникает в том случае, когда центр имеет ограниченную информацию о коэффициентах эффективности производства предприятий. Сравнение различных принципов управления, таких как принцип максимального гарантированного результата, принцип жесткой централизации, принцип открытого управления и др., в условиях частично согласованной системы (при допустимости условий совершенного согласования) проведенное в работе [1] говорит в пользу открытого управления в интересах центра. В этом случае закон управления выглядит следующим образом:

$$I(s) = \frac{R}{\sum_i s_i}, \quad x_i(s) = s_i \frac{R}{\sum_i s_i},$$

где s_i - оценка коэффициента эффективности производства i -го предприятия.

В этом случае управляющее воздействие предприятия – оценка его коэффициента эффективности производства. Центр обязывает предприятия сообщать оценки коэффициентов эффективности. На основе полученных оценок центр формирует плановое задание для каждого из предприятий.

Поскольку предприятию не известны коэффициенты эффективности производства других предприятий, то возникает информационная проблема, которая сводится к оценке каждым предприятием коэффициентов эффективности производства остальных предприятий. Априорная информация, содержащаяся в отчетных данных по прошлым периодам функционирования, позволяет вычислить коэффициенты эффективности производства предприятий по этим периодам. Обработка этой априорной информации позволяет, используя возможности регрессионного анализа, получить как средние значения коэффициентов эффективности производства для рассматриваемого периода, так и построить функции принадлежности, отражающие представления предприятия о коэффициентах эффективности производства остальных предприятий. При этом функция принадлежности будет определена таким образом, чтобы маловероятное с позиций теории вероятностей значение коэффициента эффективности производства имело и малую степень принадлежности. Конкретные значения функции принадлежности определяются рядом субъективных факторов, и процедура их нахождения в рамках данной работы не рассматривается.

Если к анализу функционирования системы применить теоретико-игровой подход, то получаем игру 3-х лиц (предприятий) с функциями

выигрыша i -го игрока $D_i(s)$. Оценка s_i является стратегией i -го игрока, совокупность оценок определяет ситуацию игры. Под решением игры будет пониматься ситуация равновесия в смысле Нэша (точка Нэша), т. е. ситуация s^* такая, что:

$$D_i(s^*) = \max D_i(s_1^*, s_i, s_n^*)$$

(когда отдельному предприятию невыгодно менять стратегию, если остальные предприятия придерживаются прежних стратегий).

Вместе с тем, очевидно, что эта ситуация неэффективна, поскольку существуют более предпочтительные для предприятий ситуации. В частности, предприятия могут получить больший выигрыш, если договорятся действовать совместно и образуют коалицию. Игра в нормальной форме, как достаточно подробное описание конфликтной ситуации, является слишком сложной моделью для исследования кооперативных взаимодействий игроков. Чтобы описать с помощью игры в нормальной форме даже самый простой переговорный процесс между игроками, требуется немыслимое усложнение множества их стратегий, включающее в себя как элементы, соответствующие передаче информации другим игрокам, так и элементы, описывающие реакцию на их сообщения. Основная идея теории кооперативных игр состоит в том, чтобы, не рассматривая переговорный процесс как таковой, анализировать возможные его исходы и делать выводы о реализуемости того или иного результата переговоров [2]. Поэтому с образованием коалиций осуществляется переход от бескоалиционной игры к кооперативной игре. При этом решение кооперативной игры будет базироваться на решении бескоалиционной игры [3].

Рассмотрим кооперативную игру с трансферабельными полезностями. Будем описывать кооперативную игру в форме характеристических функций. Элементами такого описания являются выигрыши, которые может себе гарантировать та или иная коалиция [4]. При этом выигрыш игроков, входящих в коалицию, не будет зависеть от выбираемых ими стратегий, а только от способа дележа общего выигрыша, получаемого коалицией. В коалиции предприятия могут увеличить выигрыш, как за счет увеличения своего коэффициента эффективности (более «слабые» предприятия), так и за счет перераспределения выигрыша, получаемого коалицией между ее участниками (более «сильное» предприятие). Выигрыш каждого из предприятий измеряется получаемой этим предприятием прибылью. Тогда выигрыш коалиции измеряется величиной прибыли, получаемой коалицией, и представляет собой сумму прибылей предприятий, входящих в коалицию, в новых условиях (при новых значениях коэффициентов эффективности производства). Поскольку ожидаемая общая величина прибыли, получаемая всеми предприятиями, не ограничена, то имеет место общая кооперативная игра трех лиц.

Решением кооперативной игры будем считать множество дележей, которые реализуемы при рациональном поведении игроков. Будем искать решение в виде S -ядра (множество дележей в кооперативной игре, каждый из которых не доминируется какими-либо другими дележами [3]), поскольку оно позволяет определить дележи, которые могут использоваться предприятиями в ходе переговоров по образованию коалиций.

Упрощенная схема алгоритма нахождения рационального выигрыша предприятия представлена на рисунке:



Схема алгоритма нахождения рационального выигрыша предприятия

Таким образом, предложенная методика решения задачи позволяет исследовать оптимальное поведение игроков и определить прибыль, получаемую предприятиями, как без образования коалиций, так и в случае образования коалиций.

Иллюстрация разработанной методики на числовом примере. Рассмотрим некоторое объединение, состоящее из 3-х шахт, и определим прибыль, получаемую шахтой №1, в случае образования коалиций и без образования коалиций. Исходные данные по шахтам приведены в таблице:

Год	Шахта №1		Шахта №2		Шахта №3	
	Объемы добычи, тыс. тонн	Затраты, млн. грн.	Объемы добычи, тыс. тонн	Затраты, млн. грн.	Объемы добычи, тыс. тонн	Затраты, млн. грн.
2000	103,1	19,589	99,8	18,962	84,1	15,979
2001	98,6	20,706	96,1	20,181	89,4	18,774
2002	81,9	27,846	78,3	26,622	70,7	24,038
2003	75,2	27,824	69,1	25,567	62,9	24,129
2004	80,1	30,438	77,4	29,412	64,8	24,956
2005	102,3	49,104	96,9	46,512	73,7	34,078
2006	125,7	49,023	117,2	45,708	102,2	38,230
2007	201,3	76,494	186,9	71,022	130,7	49,666

На основании имеющихся данных с помощью регрессионного анализа были получены возможные значения коэффициентов эффективности трех шахт на 2008 год, которые затем были использованы при построении функций принадлежности. Для шахты №1 коэффициент эффективности составляет 359. Для шахты №2 коэффициент эффективности может изменяться в пределах от 276 до 400. Для шахты №3 коэффициент эффективности может изменяться в пределах от 187 до 341. Плановое задание для объединения на 2008 год составляет 670,5 тыс. тонн угля.

На основании приведенных выше исходных данных с помощью предложенной методики было рассчитано, что в случае образования коалиций шахта №1 может получить в 2008 году прибыль в размере 266,636 млн. грн., а без образования коалиций шахта №1 в 2008 году может получить прибыль в размере 256,459 млн. грн.

Выводы. В работе предложена обобщенная модель двухуровневой производственно-экономической системы, отражающая различные интересы участников производственно-экономической деятельности, с использованием априорной информации обо всех производственных предприятиях и нечетких представлений о них. Построен алгоритм решения этой задачи с учетом расширения бескоалиционной игры до уровня кооперативной, с использованием регрессионного анализа и теории нечетких множеств. Проиллюстрирована возможность количественного решения этой задачи для заданных условий и возможность получения оценки оптимального поведения предприятия.

Список литературы: 1. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем.- М.: Наука, 1977. 2. Губко М. В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников.- М.: ИПУ РАН, 2003. 3. Полякова О. Ю. Кооперативные игры.- Харьков: Издательство ХГЭУ, 2003. 4. Воробьев Н. Н. Теория игр для экономистов – кибернетиков.- СПб.: Издательство ленинградского университета, 1974.

Поступила в редколлегию 04.04.08

Т.Б. НИКИТИНА, канд. техн. наук

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Розроблено метод багатокритеріального синтезу робастного керування танковою гарматою з урахуванням пружних елементів як дискретно-континуальним об'єктом. Наведено приклад динамічних характеристик синтезованої системи.

The method of quality multi criterion for robust control synthesis by the tank gun control system with elastic elements as discrete-continual plant is developed. The example of dynamic characteristics for such system is given.

Введение. Существенное повышение технических характеристик при незначительных дополнительных затратах целесообразно проводить путем глубокой модернизации существующих образцов военной техники. Это, в первую очередь, касается повышения точности систем управления основным и вспомогательным вооружением, повышения подвижности и маневренности и т.д. Глубокая модернизация систем наведения и стабилизации танкового вооружения, в первую очередь, касается существенного повышения их тактико-технических характеристик, выполнить которые с помощью штатной системы невозможно. Планируется также замена гироскопических датчиков угла и угловой скорости в каналах вертикального и горизонтального наведения на бесплатформенную систему навигации на основе микрогироскопов. Кроме того, планируется замена усилительных и преобразовательных элементов на более новые, обладающие лучшими характеристиками. В частности, применение управляющей ЭВМ в системе наведения и стабилизации танкового вооружения позволяет технически реализовать существенно более сложные законы управления. Существующие системы наведения и стабилизации танкового вооружения имеют пропорциональные регуляторы по ошибке рассогласования между направлением ствола орудия и направлением на цель и гибкую обратную связь по скорости изменения этой ошибки. Дальнейшее повышение точности систем наведения и стабилизации танкового вооружения в рамках принятой структуры регуляторов практически исчерпано. Для управления электрогидравлическими и электромеханическими системами со сложными кинематическими связями при высоких требованиях по точности управления в настоящее время используется управление по состоянию, одним из направлений которого является робастное управление. Поэтому проблема синтеза новых алгоритмов управления танковым вооружением является актуальной.

Постановка проблемы, связь с научными и практическими задачами. К системам наведения и стабилизации танкового вооружения предъявляются разнообразные требования при работе систем управления в различных режимах работы. Наиболее характерными требованиями является задача терминального управления – перевод объекта из одного начального состояния в другое. При этом под положением в пространстве состояния понимается угловое положение пушки в канале вертикального наведения и башни в канале горизонтального наведения. Как правило, при этом накладываются ограничения на качество переходных процессов – время первого согласования, время регулирования, перерегулирование и т.д. Другим характерным режимом работы систем наведения и стабилизации танкового вооружения является компенсация случайных возмущающих воздействий при движении танка по пересеченной местности. При этом, обычно задается максимальная дисперсия ошибки стабилизации при движении танка по стандартной трассе с заданной скоростью и, естественно, должны удовлетворяться ограничения на переменные состояния и управления, обусловленные спецификой исполнительных устройств и объекта. Еще одним требованием, обычно предъявляемым к системам наведения и стабилизации танкового вооружения, является ограничение ошибок отработки задающих, либо компенсации возмущающих воздействий в виде гармонических сигналов. При этом может быть задан входной сигнал одной частоты, либо нескольких характерных рабочих частот, а может быть задан диапазон рабочих частот, в котором необходимо выполнить определение условия. И, наконец, для систем наведения и стабилизации танкового вооружения характерным режимом работы при наведении орудия на цель является отработка малых скоростей либо малых перемещений. Для этого режима обычно задается неплавность движения в виде соответствующих критериев. Причинами непрямого движения рабочего органа на низких скоростях является наличие нелинейностей типа сухое трение в исполнительных двигателях и рабочих органах. Положение усугубляется наличием упругих элементов между исполнительным двигателем и рабочим органом, что приводит к срывным колебаниям подвижных частей исполнительного двигателя и рабочего органа, сопровождающихся остановками и срывами подвижных частей с положения остановок. В этом режиме наиболее сильно проявляются нелинейности системы и именно они совместно с упругими элементами определяют характер срывных колебаний подвижных частей исполнительных двигателей и рабочих органов.

Анализ последних достижений и публикаций. Трудности решения задачи векторной оптимизации носят концептуальный характер. Речь идет не о том, как получить оптимальное решение, а что понимать под оптимальным решением и можно ли считать данное решение оптимальным. Выбор критерия оптимальности, характеризующего качество процессов управления,

представляет собой неформальную задачу. Как правило, критерий оптимальности носит условный характер. При проектировании системы необходимо подобрать такой показатель качества работы системы, который на интуитивном уровне отражает представление о том, что такое хорошо, и что такое плохо для данной системы. Поэтому трудности проектирования оптимальной системы фактически сводятся к трудностям формирования такого критерия, который бы отражал реальные требования, предъявляемые к системе. Смысловая постановка задачи оптимизации, как правило, является многокритериальной задачей с ограничениями. Естественно, что многие методы решения этой задачи сводятся к формированию однокритериальной задачи, когда все критерии и ограничения с помощью выбранной схемы компромиссов сворачиваются в один показатель качества системы. В заключении заметим, что одному и тому же значению критерия качества в однокритериальной оптимизации могут отвечать переходные процессы, резко отличающиеся по своему виду – колебательные, апериодические, а их показатели качества, такие как время регулирования, перерегулирования отличаются на порядки. Это происходит потому, что в одной критерии необходимо отразить как качество динамических характеристик систем, так и энергозатраты на управления и ограничения на переменные состояния системы. Более того, на основе решения обратной задачи оптимального управления для любого сколь угодно неудовлетворительного по показателям качества переходного процесса можно подобрать такой показатель качества системы, по которому она будет оптимальной. Поэтому именно задача выбора критерия качества является основной, так как само решение задачи оптимизации не представляет трудностей. На важность проблемы выбора функционала качества в задаче аналитического конструирования регуляторов по интегральным квадратичным критериям качества обращали внимание еще ее создатели - Летов и Беллман, а также многие исследователи, пытавшиеся применять эту теорию для решения практических задач. Однако, до настоящего времени эта проблема до конца не решена, о чем, в частности, свидетельствуют работы [1].

Классические задачи оптимального управления решают задачу синтеза управления, минимизирующего принятый критерий качества при определенных ограничениях на вектора управления и состояния. Фактически при синтезе оптимальной системы решается задача определения такого управления, при котором выполняются определенные ограничения на переменные состояния и управления. Как правило, эти ограничения удается выполнить в результате итеративного решения задачи оптимизации подбирая параметры, а возможно и вид критерия качества. Причем сама величина критерия качества часто не играет решающей роли, а проектировщика системы интересуют совершенно другие, часто противоречивые показатели работы системы управления, да еще и в различных режимах работы.

В последнее время интенсивно развивается теория робастного управления. Системы робастного управления обладают рядом преимуществ. Во-первых, они робастно устойчивы, т.е. сохраняют устойчивость при изменении параметров объекта управления в определенных пределах. Во-вторых, они имеют существенно меньшую чувствительность к изменению параметров объекта управления по сравнению с оптимальными системами, несмотря на то, что динамические характеристики робастных систем могут незначительно отличаться от соответствующих характеристик оптимальных систем. Естественно, что ни в одном техническом задании на систему наведения и стабилизации танкового вооружения нет критерия робастного управления. Трудность синтеза робастной системы наведения и стабилизации танкового вооружения заключается не в решении тех или иных уравнений, а, прежде всего, в формулировании критерия качества робастного управления таким образом, чтобы синтезированная система удовлетворяла техническим требованиям, предъявляемым к системе.

Цель работы. Целью данной работы является повышение точности работы системы стабилизации танкового вооружения за счет применения многокритериального синтеза робастного регулятора. Задачей статьи является многокритериальный синтез и исследование динамических характеристик робастной системы стабилизации танкового вооружения с учетом упругости ствола.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Для решения этой задачи воспользуемся концепцией функционально - множественной принадлежности на элементах пространства состояний. При этом предполагается, что цель управления, ограничения на вектор состояния и управления могут быть приведены к единым ограничениям на вектор состояния системы. Предположим, что исходная нелинейная система может быть описана в пространстве состояний нелинейным дифференциальным уравнением состояния в следующем виде:

$$\dot{x} = f(x, u, t), \quad x(t_0) = x_0, \quad t \geq t_0,$$

$$u \in U(x, t),$$

где $U(x, t) \subset R^m$ - некоторое заданное множество для каждого x и $t \geq t_0$, для выполнения следующего соотношения на вектор состояния:

$$x = x(t) \in Q(t), \quad t \geq t_0,$$

$$Q(t) = \{x \in R^n : y(x, t) \leq 0\},$$

где $y(x, t)$ - скалярная непрерывно - дифференцируемая по всем своим переменным функция.

Тогда для обеспечения условия принадлежности вектора состояния $x(t)$ множеству $Q(t)$ достаточно, чтобы обеспечивалось неравенство: $(\nabla_x \psi, f(x, u, t)) \leq 0$ для каждого $x \in \Gamma Q(t)$ и хотя бы одного соответствующего ему значения $u \in U(x, t)$ при $t \geq t_0$, где $\Gamma Q(t) = \{x \in R^n : y(x, t) = 0\}$ - граница множества $Q(t)$; $\nabla_x y$ - градиент функции $y(x, t)$; $(\nabla_x y, f(\cdot))$ - скалярное произведение векторов $\nabla_x y, f(\cdot) \in R^n$.

При робастном управлении на первом этапе обычно не требуется решение задачи оптимального управления, а решается лишь задача функциональной принадлежности синтезируемого управления области допустимых решений. Условие выполнения полученного неравенства фактически требует выбора такого управления, при котором вектор скорости движения системы направлен внутрь области допустимых решений. После того, когда определено управление, обеспечивающее функциональную принадлежность получаемого управления, может быть поставлена задача, оптимизации робастного управления. Естественно, что по остальным поверхностям необходимо выполнять ограничения в форме неравенств, обеспечивая направление движения системы внутри допустимой области, чтобы не нарушать ограничения, налагаемые на характеристики системы. Обычно часть требований, предъявляемых к системе, формулируются в форме минимума либо максимума. Например, желательно обеспечить минимальную дисперсию ошибки системы, минимальное время регулирования, минимальную ошибку обработки гармонического сигнала и т.д. Тогда цель управления может быть сформулирована в виде вектора контролируемых параметров

$$y = j(x(t), t) \in Q(t), \quad t \geq t_0$$

где $j(x, t)$ - некоторая заданная непрерывно - дифференцируемая $(n \times 1)$ - вектор - функция, а множество

$$Q(t) = \{y \in R^n : y(y, t) \leq 0\}.$$

Тогда, для обеспечения условия принадлежности вектора состояния $\dot{x}(t)$ множеству $Q(t)$ для выполнения ограничений на вектор состояния и для

обеспечения условия принадлежности вектора цели управления $y(t)$ множеству $Q(t)$ достаточно, чтобы выполнялось неравенство:
$$\left(\nabla_y \psi, \nabla_x \varphi \cdot f(x, u, t) + \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) \leq 0$$
 для каждого $y \in \Gamma Q(t)$ и каждого $x \in M(y, t)$ и хотя бы одного, соответствующего каждому x , значения $u \in U(x, t)$, $t \geq t_0$, где $\Gamma Q(t)$ - граница множества $Q(t)$; $\nabla_y \psi$ - градиент функции $\psi(y, t)$; $\nabla_x j$ - якобиан функции $j(x, t)$; $M(y, t)$ - некоторое многообразие, соответствующее $y \in \Gamma Q(t)$ и определяемое согласно зависимости:

$$M(y, t) = \{x \in R^n : j(x, t) = y\},$$

$$Q(t) \subseteq B_j \text{ при } t \geq t_0.$$

При минимизации управляющего воздействия это неравенство может быть записано в виде следующего неравенства:

$$\min_{u \in U(x, t)} \left(\nabla_y \psi, \nabla_x \varphi \cdot f(x, u, t) \right) + \left(\nabla_y \psi, \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) + \frac{\partial \psi}{\partial t} \leq 0,$$

для каждого $y \in \Gamma Q(t)$ и каждого $x \in M(y, t)$, $t \geq t_0$, где $u(x, t)$ определяется в результате решения задачи минимизации.

$$\min_{u \in U(x, t)} \left(\nabla_y \psi, \nabla_x j \cdot f(x, u, t) \right) = \left(\nabla_y \psi, \nabla_x j \cdot f(x, \bar{u}(x, t), t) \right).$$

При синтезе робастной системы управления объектом с параметрическими или структурными неопределенностями, либо неопределенностями внешних воздействий это неравенство может быть записано в виде максиминного неравенства:

$$\max_{x \in M(y, t)} \min_{u \in U(x, t)} \left(\nabla_y \psi, \nabla_x \varphi \cdot f(x, u, t) \right) + \left(\nabla_y \psi, \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) + \frac{\partial \psi}{\partial t} \leq 0,$$

для каждого $y \in \Gamma Q(t)$ и каждого $x \in M(y, t)$, $t \geq t_0$.

Заметим, что если некоторые компоненты неравенств превращаются в строгие равенства, то это соответствует тому, что вектор движения системы направлен ортогонально касательной плоскости данного неравенства. Целесообразность такого движения необходимо оценивать по общей удаленности системы от границы ограничений.

Задание множества $Q(t)$ является достаточно сложной, а часто формально нерешенной задачей. По-видимому, самым универсальным методом задания области $Q(t)$ является проведение имитационного моделирования системы с определенным законом управления. При этом, задание закона управления является обязательным, так как многие показатели качества предъявляются не только к исполнительному двигателю, объекту управления, а и непосредственно ко всей системе управления в целом. Заметим, что получение аналитических зависимостей функций $\psi(x, t)$ и $j(x, t)$ может представлять значительные трудности. Однако, для решения задачи необходимы не сами функции, а их градиент и якобиан, которые могут быть получены численными методами.

Эти неравенства, полученные на основе концепции функционально-множественной принадлежности на элементах пространства состояний, достаточно близки к уравнениям синтеза нелинейных оптимальных систем, полученных на основе классического метода динамического программирования Беллмана. Оптимальное управление удовлетворяет дифференциальному уравнению в частных производных, называемому уравнением Гамильтона – Якоби – Беллмана:

$$-\frac{\partial S(\mathbf{x}(t), t)}{\partial t} = \min_{u \in U} \left\{ \frac{\partial S(\mathbf{x}(t), t)}{\partial \mathbf{x}^T} j(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) + j_0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) \right\}.$$

В результате нахождения минимального значения правой части этого уравнения, оно перестает зависеть от управления $\mathbf{u}(t)$, поэтому это уравнение Гамильтона – Якоби – Беллмана используется также в следующем виде:

$$-\frac{\partial S(\mathbf{x}(t), t)}{\partial t} = \frac{\partial S(\mathbf{x}(t), t)}{\partial \mathbf{x}^T} j(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) + j_0(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t).$$

Робастное управление системами является одним из направлений современного геометрического подхода к теории управления, так как фактически необходимо синтезировать регулятор для управления не одной системой, а целым семейством систем. При этом многие свойства групп систем описываются как решения уравнений в частных производных, хотя динамика систем управления обычно описывается системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Особенность дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка состоит в том, что их решение вполне определяется интегральными кривыми некоторых систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Это, в частности имеет место и при

оптимальном управлении, когда решение уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана в частных производных эквивалентно решению канонической системы обыкновенных дифференциальных уравнений состояний для векторов основных и вспомогательных переменных принципа максимума Понтрягина. При оптимальном управлении необходимо выбрать управление, минимизирующее проекцию вектора скорости на нормаль к изоповерхности функции Беллмана $S = const$. В соответствии с принципом максимума Понтрягина, необходимо выбрать такое оптимальное управление, которое бы обеспечивало ортогональность вектора вспомогательных переменных в принципе максимума Понтрягина к поверхности $S = const$, являющейся функцией Беллмана в принципе динамического программирования.

К настоящему времени решение уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана в общем виде для любых нелинейных систем сопряжено с определенными трудностями. Однако это уравнение решается для нелинейных систем с так называемыми аналитическими нелинейностями, когда исходные нелинейности раскладываются в степенной ряд в достаточно малой окрестности рабочей точки системы [2]. Первым приближением такого разложения является линейная система с квадратичным критерием качества и линейными обратными связями по вектору состояния.

Результаты моделирования. В качестве примера рассмотрим построение робастной системы наведения и стабилизации танкового вооружения в канале вертикального наведения [3 – 4]. Введем вектор состояния

$$\mathbf{r}_X(t) = \left\{ \begin{array}{l} j(t), \dot{j}(t), T_0(t), \dot{T}_0(t), M_{co}(t), \dot{M}_{co}(t), \\ M_{co}(t), \dot{M}_{co}(t), f_0(t), \dot{f}_0(t), z(t) \end{array} \right\}.$$

Тогда в уравнении состояния возмущенного движения дискретно-континуального объекта стабилизации совместно с уравнениями формирующих фильтров и исполнительного электрогидравлического привода с гидроцилиндром и интегратором, на котором реализуется астатический регулятор, матрица состояния примет вид, показанный на следующей странице.

На рис.1 показаны переходные процессы а) угла $j(t)$ отклонения направления ствола от направления на цель; б) производной $\dot{j}(t)$ этого угла отклонения; в) функции $T_0(t)$; г) производной функции $\dot{T}_0(t)$; д) момента стабилизации $M_{co}(t)$ и е) производной момента стабилизации $\dot{M}_{co}(t)$ орудия с помощью исполнительного гидроцилиндра в канале вертикального наведения при обработке рассогласования $\Delta j = 0,1$ синтезированной системой робастного наведения и стабилизации танкового вооружения.

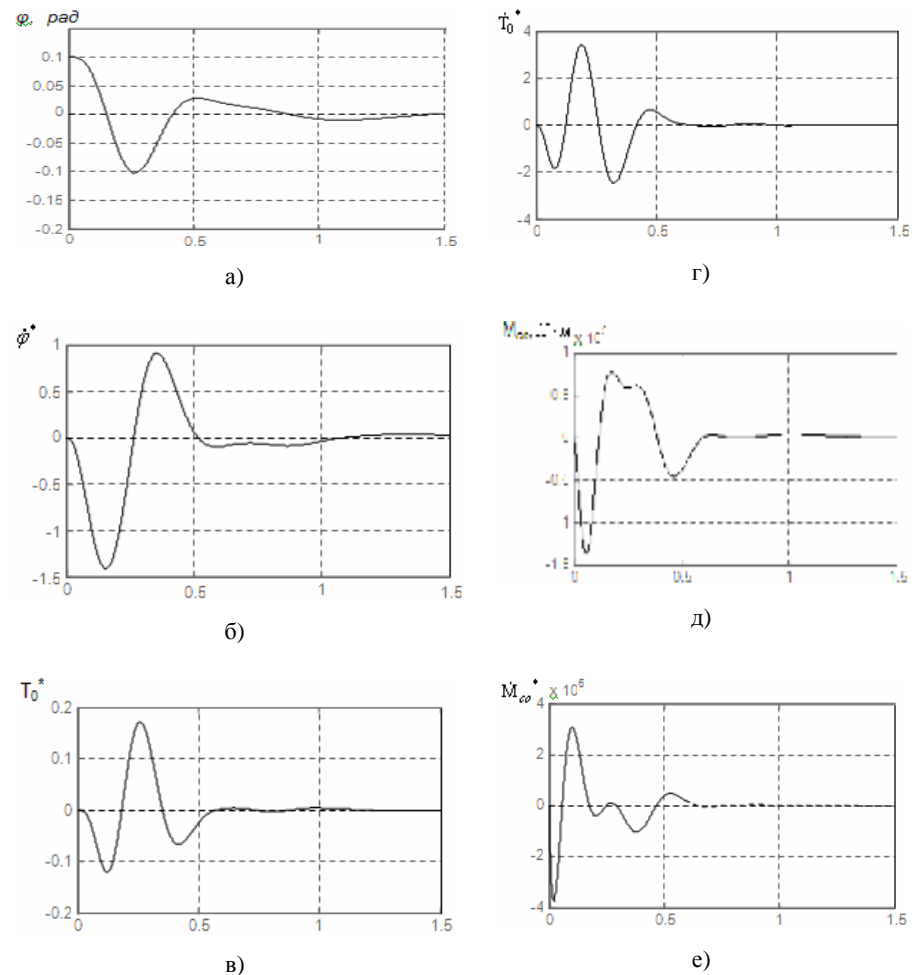


Рис.1. Переходные процессы а) угла $j(t)$ отклонения; б) производной $\dot{j}(t)$ угла отклонения; в) функции $T_0(t)$; г) производной функции $\dot{T}_0(t)$; д) момента стабилизации $M_{co}(t)$ и е) производной момента стабилизации $\dot{M}_{co}(t)$ орудия с помощью исполнительного гидроцилиндра вертикального наведения при обработке системой рассогласования $\Delta \varphi = 0,1$

А. А. КОБОЗЕВА, канд. физ.-мат. наук, доц., ОНПУ (г. Одесса),
Е. В. НАРИМАНОВА, аспирант, ОНПУ (г. Одесса)

ЭФФЕКТ ДВОЙНОГО КВАНТОВАНИЯ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

У роботі отримані достатні умови проявлення і відсутності проявлення ефекту подвійного квантування, що виникає при дворазовій JPEG - компресії цифрового зображення, що може бути використано для створення практичного методу доведення оригінальності цифрової фотографії.

В работе получены достаточные условия проявления и отсутствия проявления эффекта двойного квантования, возникающего при двукратной JPEG-компрессии цифрового изображения, что может быть использовано для создания практического метода доказательства подлинности цифровой фотографии.

In this work there have been received sufficient conditions of displaying or absence of displaying of double quantization effect, that arise at double JPEG-compression of digital image, that can be used in creation of practical method of provement authenticity of digital photograph.

Введение. Доказательство подлинности цифровых изображений (ЦИ) является актуальной задачей во многих областях человеческой деятельности. Своей остротой данная проблема обязана бурному развитию технических средств обработки и генерации ЦИ, общедоступности редактирующего изображения программного обеспечения.

Большинство современных цифровых фотокамер используют для хранения ЦИ формат JPEG с потерями, основой которого является дискретное косинусное преобразование (DCT) [1], а большинство несанкционированных изменений цифровой фотографии сводится к замещению некоторой ее области на область другого ЦИ. После такой фальсификации полученное изображение часто сохраняется в формате JPEG, что приводит к обязательному повторному квантованию [1] коэффициентов DCT (DCT-коэффициентов) некоторой части или всего фальсифицированного ЦИ. Таким образом, обнаружение «следов» двойного квантования, при наличии таковых, является «указателем» на возможную фальсификацию изображения. В силу этого определение отличительных особенностей двукратного применения JPEG-сжатия изображения и построение методов выявления этих особенностей чрезвычайно актуально с точки зрения решения проблемы обнаружения фальсификации цифровой фотографии.

Эффект двойного квантования (double quantization), или DQ-эффект, рассматривается в [2-5]. В [3] обращается внимание на возможность его использования для обнаружения несанкционированного изменения ЦИ, а в [5] делается попытка создания практического метода выявления фальсификации цифровой фотографии на основе эффекта двойного квантования. Однако, недостаточность теоретических исследований особенностей DQ-

1							
	$-\frac{a_0 b_0}{\Delta}$	$-\frac{x a_0 b_0}{\Delta}$	$\frac{c_0}{\Delta}$		$\frac{c_0}{\Delta}$		$\frac{a_0}{\Delta}$
		1					
	$-\frac{I_0 b_0}{\Delta}$	$-\frac{x I_0 b_0}{\Delta}$	$-\frac{a_0}{\Delta}$		$-\frac{a_0}{\Delta}$		$\frac{I_0}{\Delta}$
			1				
			$\frac{-1}{T_y^2}$	$\frac{-2x_y}{T_y}$			
						1	
					$\frac{-1}{T_g^2}$	$\frac{-2x_g}{T_g}$	
							$\frac{I}{T_f}$
							$\frac{-1}{T_f^2}$
							$\frac{-2x_f}{T_f}$
-1							

Выводы, перспективы этого направления. Таким образом, с помощью разработанной методики многокритериального синтеза робастных регуляторов удалось получить приемлемые показатели качества и удовлетворить технические требования, предъявляемые к системе наведения и стабилизации танкового вооружения. Процедура многокритериального синтеза системы наведения и стабилизации танкового вооружения решена на основе концепции функционально - множественной принадлежности на элементах пространства состояний. Приведен пример динамических характеристик синтезированной системы наведения и стабилизации танкового вооружения в канале вертикального наведения.

Список литературы: 1. Александров Е.Е., Александрова Т.Е. Выбор оптимизируемого функционала в задачах параметрического синтеза систем стабилизации // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2004. – №2. – С. 23 – 26 2. Никитина Т.Б. Робастное управление многоканальными итерационными электроприводами по H_2 и H^∞ критериям. Електромашинобудування та електрообладнання. Міжвідомчий науково – технічний збірник. Одеса - 2006. Випуск №67. С. 13 – 17. 3. Никитина Т.Б. Робастная стабилизация танкового вооружения. Вестник НТУ «ХПИ», Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автоматика и приборостроение». 2007, №10. С. 134 – 144. 4. Никитина Т.Б. Робастная стабилизация дискретно – континуального объекта //Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 4. Київ. 2007. С. 60 – 64

Поступила в редколлегию 20.03.08

эффекта, отсутствие достаточных условий его визуального проявления, отсутствие учета особенностей его проявления в реальных условиях [2-5] и откровенно ошибочные посылки [5] не дали возможности авторам [5] создать действительно эффективный метод для решения рассматриваемой задачи. Все вышесказанное заставило авторов настоящей работы вернуться к более детальному, чем это делалось до настоящего момента в открытой печати, изучению DQ-эффекта.

Целью работы является теоретическое обоснование достаточных условий проявления эффекта двойного квантования DCT-коэффициентов ЦИ, а также достаточных условий отсутствия DQ-эффекта, что должно дать теоретическую базу для последующего создания практического метода выявления фальсифицированного ЦИ, который бы позволил не только зафиксировать факт произошедшего несанкционированного изменения изображения, но и локализовать область такого изменения.

Достаточные условия проявления и отсутствия проявления эффекта двойного квантования коэффициентов DCT. Процесс двукратного использования JPEG-сжатия (процесс двойного квантования) ЦИ, которое первоначально стандартным образом разбивается на блоки малой размерности [1], например, 8×8 , далее рассматривается как процесс, состоящий из следующих шагов [3,5], выполняемых для каждого блока:

1. Первое квантование:

а) вычисление DCT-коэффициентов (значение конкретного коэффициента обозначим u);

б) DCT-коэффициенты квантуются при помощи массива нормализации [1], элементы которого далее называются коэффициентами квантования, и округляются до ближайшего целого, становясь равными

$$u^{(1)} = [u / q^{(1)}],$$

где $q^{(1)}$ - соответствующий u коэффициент квантования;

[•] - операция округления аргумента до ближайшего целого.

2. Первое восстановление:

а) DCT-коэффициенты, полученные на предыдущем шаге, умножаются на соответствующие им коэффициенты квантования:

$$u^{-(1)} = [u / q^{(1)}] q^{(1)};$$

б) вычисление обратного DCT.

3. Второе квантование:

а) вычисление DCT-коэффициентов;

б) DCT-коэффициенты квантуются при помощи массива нормализации, элементы которого отличны от соответствующих элементов на шаге 1, и округляются до ближайшего целого. В результате получаем:

$$u^{(2)} = \left[\left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] \frac{q^{(1)}}{q^{(2)}} \right].$$

Пусть H и $H^{(2)}$ – гистограммы DCT-коэффициентов ЦИ, отвечающих выбранной произвольным образом частоте, до первого квантования и после второго соответственно. Они, очевидно, будут отличаться друг от друга. Рассмотрим некоторые из свойств получаемых гистограмм, важные с точки зрения выявления проделанной дважды операции JPEG-сжатия изображения.

Теорема 1. Пусть $\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} < 1$. Если

$$\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right) \in Z, \quad (1)$$

где Z - множество целых чисел, то столбец гистограммы $H^{(2)}$, отвечающий значению $u^{(2)}$, будет пустым.

Доказательство. Если

$$\left[\left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] \frac{q^{(1)}}{q^{(2)}} \right] = u^{(2)}, \quad (3)$$

то

$$u^{(2)} - \frac{1}{2} \leq \left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] \frac{q^{(1)}}{q^{(2)}} < u^{(2)} + \frac{1}{2},$$

$$\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} - \frac{1}{2} \right) \leq \left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] < \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right), \quad (2)$$

При этом

$$\left| \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} - \frac{1}{2} \right) - \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right) \right| = \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}}, \quad (3)$$

По условию теоремы $\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} < 1$. Если выполнено соотношение (1), то,

очевидно, не существует такого $\left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] \in Z$, которое бы удовлетворяло (2), а значит столбец гистограммы $H^{(2)}$, отвечающий значению $u^{(2)}$, будет пустым.

Следствие. Если $q^{(1)}$, $q^{(2)}$, $u^{(2)}$ удовлетворяют условию теоремы 1, то пустыми окажутся столбцы гистограммы $H^{(2)}$, отвечающие не только значению $u^{(2)}$, но и значениям $u^{(2)} + lT$, $l \in Z$, где T – период появления пустого столбца $H^{(2)}$ за счет выполнения условия (1), определяемый в соответствии с формулой:

$$T = \frac{q^{(1)}}{\text{НОД}(q^{(1)}, q^{(2)})}, \quad (4)$$

где $\text{НОД}(q^{(1)}, q^{(2)})$ - наибольший общий делитель $q^{(1)}, q^{(2)}$.

Доказательство. Пусть $n = \text{НОД}(q^{(1)}, q^{(2)})$, тогда $q^{(1)} = nk$, $q^{(2)} = nm$, где k, m некоторые натуральные числа, причем $\text{НОД}(k, m) = 1$. В принятых обозначениях $T = k$. Рассмотрим значение

$$\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + lT + \frac{1}{2} \right) = \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right) + \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} lT, \quad (5)$$

Поскольку первое слагаемое в правой части формулы (5) является целым по условию теоремы, второе –

$$\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} lT = \frac{m}{k} lk = ml \in Z,$$

то

$$\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + lT + \frac{1}{2} \right) \in Z,$$

а значит, соответствующие столбцы гистограммы $H^{(2)}$ будут пусты.

Возможность проявления ситуации, рассмотренной в теореме 1, никак не учтена в [5], что привело к ошибочным теоретическим расчетам и несоответствию между ними и практическими результатами.

Замечание 1. Пусть $\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} > 1$, тогда противоречия с существованием

$\left[\frac{u}{q^{(1)}} \right] \in Z$, удовлетворяющего (2), на данном этапе не возникает, т.к. на

полуинтервале $\left[\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} - \frac{1}{2} \right), \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right) \right)$, длина которого больше 1 в соответствии с (3), найдется хотя бы одно целое число.

Далее предполагаем, что соотношение (2) не является противоречивым, т.е. в случае $q^{(2)} < q^{(1)}$ условие (1) не имеет места. Тогда можно показать [5], что число столбцов $n(u^{(2)})$ гистограммы H , внесших свой вклад в столбец $u^{(2)}$ гистограммы $H^{(2)}$, определяется как

$$n(u^{(2)}) = q^{(1)} \left(\left[\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} + \frac{1}{2} \right) \right] - \left[\frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(u^{(2)} - \frac{1}{2} \right) \right] + 1 \right), \quad (6)$$

где $\lceil x \rceil = \min\{n \in Z \mid x \leq n\}$, $\lfloor x \rfloor = \max\{n \in Z \mid x \geq n\}$,

$n(u^{(2)})$ - периодическая функция с периодом (4), которая не определена для $u^{(2)}$, удовлетворяющих условию (1). Периодичность функции $n(u^{(2)})$, как правило, приводит к видимым особенностям гистограмм ДСТ-коэффициентов ЦИ после двукратного использования JPEG-сжатия с разными коэффициентами квантования. Эти особенности в общем случае можно охарактеризовать как периодическое возникновение пиков и впадин, называемое DQ-эффектом (рис.1). Однако такая картина имеет место не всегда. Очевидно, упомянутую периодичность, независимо от значений $q^{(1)}, q^{(2)}$, могут нарушить особенности гистограммы ДСТ-коэффициентов исходного изображения. Возможны и другие варианты.

Замечание 2. Проявление DQ-эффекта в виде периодических пиков и впадин гистограммы $H^{(2)}$ будет отсутствовать, если $q^{(2)} / q^{(1)} = 2m$, $m \in Z$. Действительно, в этом случае в (6) $n(u^{(2)}) = q^{(1)}(2m + 1)$ для любого $u^{(2)}$.

Установим достаточные условия проявления эффекта двойного квантования, одно из которых нашло свое выражение в теореме 1.

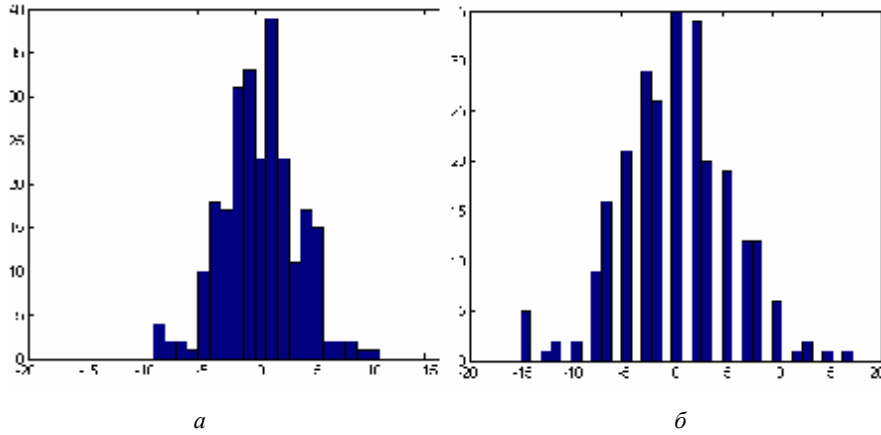


Рис. 1. Гистограммы DCT-коэффициентов частоты (2,2) для ЦИ, подвергнутого процессу двойного квантования с коэффициентами квантования:

$$a - q^{(1)} = 3, q^{(2)} = 5; \quad b - q^{(1)} = 5, q^{(2)} = 3$$

Теорема 2. Пусть $q^{(1)} = q^{(2)}$. Достаточным условием периодического возникновения незаполненных столбцов на гистограмме $H^{(2)}$ ЦИ (рис.1, б) является

$$\frac{q^{(1)}}{q^{(2)}} > \frac{3}{2}, \quad (7)$$

Доказательство. Поскольку для функции $n(u^{(2)})$ имеет место соотношение (4), то $q^{(1)}$ является ее периодом наряду с T . Рассмотрим значения $n(q^{(1)} - k)$, где $0 < k \leq q^{(1)}$, $k \in Z$:

$$\begin{aligned} n(q^{(1)} - k) &= q^{(1)} \left(\left\lfloor \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(q^{(1)} - k + \frac{1}{2} \right) \right\rfloor - \left\lfloor \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \left(q^{(1)} - k - \frac{1}{2} \right) \right\rfloor + 1 \right) = \\ &= q^{(1)} \left(\left\lfloor q^{(2)} - \frac{2k-1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor - \left\lfloor q^{(2)} - \frac{2k+1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor + 1 \right) = \\ &= q^{(1)} \left(\left\lfloor -\frac{2k-1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor - \left\lfloor -\frac{2k+1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor + 1 \right) \end{aligned} \quad (8)$$

Если выполнено условие (7), то

$$\frac{2q^{(1)} - q^{(2)}}{2q^{(2)}} > 1, \quad (9)$$

Возьмем k , удовлетворяющее неравенству

$$1 \leq k < \frac{2q^{(1)} - q^{(2)}}{2q^{(2)}}, \quad (10)$$

В силу (9) хотя бы одно такое значение k существует, при этом

$$\begin{aligned} 0 < \frac{2k+1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} < 1, \quad \left\lfloor -\frac{2k+1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor = 0 \\ 0 < \frac{2k-1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} < \frac{2k+1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} < 1, \quad \left\lfloor -\frac{2k-1}{2} \frac{q^{(2)}}{q^{(1)}} \right\rfloor = -1. \end{aligned}$$

Таким образом, в условиях теоремы существуют такие значения $0 < k \leq q^{(1)}$, $k \in Z$, легко определяемые из соотношения (10), при которых правая часть (8) обращается в ноль, что приводит к незаполненности столбца (столбцов) $q^{(1)} - k$ в гистограмме $H^{(2)}$.

Следствие. В условиях теоремы $n(q^{(1)} - 1) = 0$ при любом значении $q^{(1)}$.

Замечание 3. Условие (7) является достаточным, но не необходимым, для того, чтобы при $q^{(1)} > q^{(2)}$ DQ-эффект проявился в наличии незаполненных столбцов в гистограмме $H^{(2)}$. Например, при $q^{(1)} = 4$, $q^{(2)} = 3$ в соответствии с (6) значение $n(2) = 0$, хотя $\frac{q^{(1)}}{q^{(2)}} < \frac{3}{2}$.

Замечание 4. Пусть $u^{(2)} = 0$. При $q^{(1)} > q^{(2)}$, независимо от их конкретных значений, $\frac{q^{(2)}}{2q^{(1)}} \notin Z$. В соответствии с (6):

$$n(0) = q^{(1)} \left(\left\lfloor \frac{q^{(2)}}{2q^{(1)}} \right\rfloor - \left\lfloor -\frac{q^{(2)}}{2q^{(1)}} \right\rfloor + 1 \right) = q^{(1)} \left(2 \left\lfloor \frac{q^{(2)}}{2q^{(1)}} \right\rfloor + 1 \right), \quad (11)$$

Из (11) вытекает, что для произвольных $q^{(1)}$, $q^{(2)}$ значение $n(0) \neq 0$, а значит, $n(lT) \neq 0$, $l \in Z$.

В любом случае, зная значения коэффициентов квантования $q^{(1)}$, $q^{(2)}$, рассмотрев функцию $n(u^{(2)})$ для аргументов $u^{(2)} = \overline{0, T-1}$ (а в силу замечания 4 достаточно рассмотреть для $u^{(2)} = \overline{1, T-1}$), конкретный вид гистограм-

мы $H^{(2)}$, т.е. наличие или отсутствие в ней периодических артефактов, можно определить априори, не производя непосредственного построения $H^{(2)}$.

Особенности проявления DQ-эффекта при реальном восстановлении изображения. Не ограничивая общность рассуждений, для простоты изложения далее рассматриваются изображения в градациях серого.

Все вышесказанное касалось проявления DQ-эффекта в «идеальных» условиях: учитывались лишь те округления при вычислениях, которые непосредственно проводились для DCT-коэффициентов. Однако реальный процесс восстановления ЦИ после первого квантования (процесс полного восстановления) включает в себя введение значений яркости пикселей после обратного DCT в диапазон $[0, 255]$, что приводит к возникновению дополнительного шума, присутствующего в восстановленном после первого квантования изображении, а это значит, что $u^{(2)}$ реально отвечает не формуле (3), а соотношению

$$u^{(2)} = \left[\frac{[u/q^{(1)}]q^{(1)} + p}{q^{(2)}} \right],$$

где p - неучтенный ранее шум, возникающий за счет восстановления изображения.

Это очевидно разрушит «идеальную» визуальную картину DQ-эффекта. Соответствующие гистограммы DCT-коэффициентов далее будем обозначать $\overline{H^{(2)}}$. В реальных условиях восстановления гистограммы, представленные на рис.1, имеют вид, изображенный на рис.2.

Замечание 5. После обратного DCT при восстановлении изображения после первого квантования возможны следующие ситуации:

значения яркости пикселей попадут в границы сегмента $[0, 255]$;

значения яркости большей части пикселей окажутся отрицательными или превосходящими 255.

В первом случае полное восстановление ЦИ потребует дополнительно лишь округлений этих значений до целых, что приведет к возникновению незначительного шума округлений в пространственной области и, как следствие, величина соответствующего шума p в частотной области также окажется небольшой.

Во втором случае процесс полного восстановления ЦИ может привести, в силу значительности p , к последствиям, когда распознавание проявления DQ-эффекта в гистограммах $\overline{H^{(2)}}$ окажется затруднительным или вообще невозможным.

Упомянутая выше проблема не затрагивалась ранее в работах, посвященных изучению и использованию эффекта двойного квантования,

доступных из открытой печати, хотя для его практического применения является чрезвычайно актуальной. Шум, возникающий за счет восстановления ЦИ, является возмущающим воздействием как для матрицы яркости в пространственной области изображения, так и для матрицы DCT-коэффициентов в частотной. Но реакция на один и тот же даже малый шум различных DCT-коэффициентов будет разной. В [6] показано, что коэффициенты, отвечающие низким частотам, будут менее чувствительными [7] к возмущающим воздействиям, чем коэффициенты, отвечающие средним и высоким частотам. Таким образом, даже в случае ситуации 1 возмущения DCT-коэффициентов, отвечающих высоким и, возможно, средним частотам могут оказаться значительными, что приведет к значительным искажениям картины DQ-эффекта в гистограммах $\overline{H^{(2)}}$ для таких частот. Заметим, что коэффициенты высоких частот в принципе являются неинформативными с точки зрения обнаружения следов двойного квантования: они практически все обнуляются еще при первом квантовании.

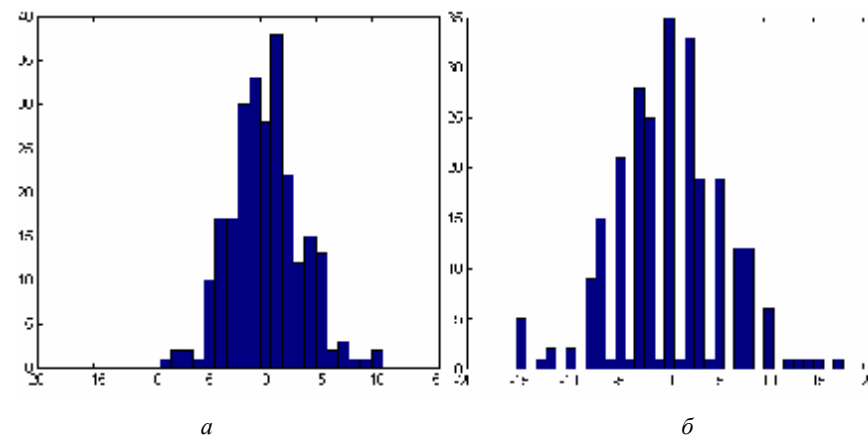


Рис. 2. Гистограммы DCT-коэффициентов частоты (2,2) для ЦИ, подвергнутого процессу двойного квантования с полным предварительным восстановлением после первого квантования: $a - q^{(1)} = 3, q^{(2)} = 5$; $b - q^{(1)} = 5, q^{(2)} = 3$

Иллюстрацией вышесказанного служит рисунок 3 (частота (3,4)): столбцы гистограммы $\overline{H^{(2)}}$, соответствующие значениям -4, 2, 7 (рис.3, б), незаполненные в гистограмме $H^{(2)}$ (рис.3, а), сравнимы по величине со столбцами, отвечающими значениям -7, 8 в $H^{(2)}$, что полностью стирает картину периодического возникновения пиков и впадин. Из вышесказанного вытекает следующий вывод.

Вывод: для обнаружения следов двойного квантования на гистограммах DCT-коэффициентов ЦИ в реальных условиях имеет смысл исследовать не

все гистограммы, а лишь те, которые соответствуют низким частотам, что значительно уменьшит вычислительные затраты для проводимого анализа.

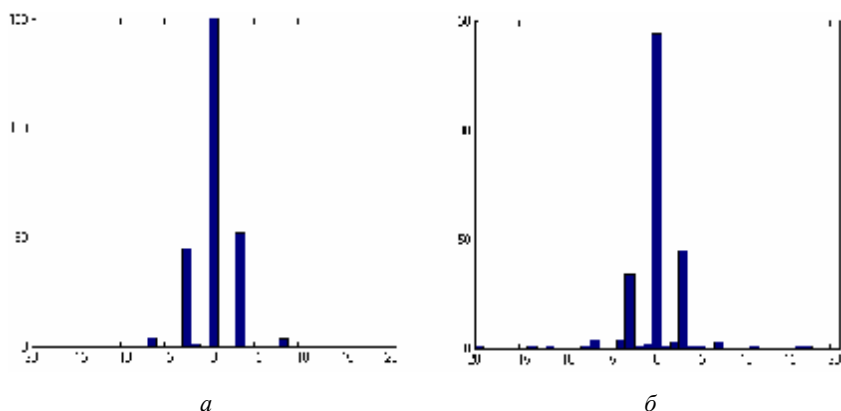


Рис. 3. Гистограммы DCT-коэффициентов ЦИ частоты (3,4): $a - H^{(2)}$; $b - \overline{H^{(2)}}$

Заключение. В работе проведено детальное исследование двукратного использовании JPEG-сжатия изображения с различными коэффициентами квантования. В результате

1. Установлены достаточные условия проявления и отсутствия проявления DQ-эффекта;

2. Получена возможность значительного сокращения вычислительной работы при анализе ЦИ с целью выявления DQ-эффекта в реальных условиях за счет учета различной чувствительности DCT-коэффициентов.

Целью дальнейшей работы авторов является создание на базе проведенных исследований нового метода для выявления фальсификации цифровых фотографий, не требующего никакой дополнительной информации о технических характеристиках использованных фотокамер, позволяющего локализовать область фальсификации.

Список литературы: 1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений.- М.: Техносфера, 2005.- 1072 с. 2. Lucas J., Fridrich J. Estimation of Primary Quantization Matrix in Double Compressed JPEG Images // Proc. Of DFRWS 2003, Cleveland, OH, August 5-8. 3. Popescu A. C., Farid H. Statistical Tools for Digital Forensics // Information Hiding. - 2004. - P. 128-147. 4. Popescu A. C., Farid H. Exposing digital forgeries by detecting traces of re-sampling // IEEE Trans. Signal Process. - 2005. - Vol. 53(2). - P. 758-767. 5. He J., Lin Z. u др. Detecting Doctored JPEG Images Via DCT Coefficient Analysis // ECCV(3) 2006: 423-435. 6. Кобозева А.А. Связь свойств стеганографического алгоритма и используемой им области контейнера для погружения секретной информации // Искусственный интеллект.- 2007.- №4.- С.531-538. 7. Деммель Дж. Вычислительная линейная алгебра. – М.: Мир, 2001. - 430 с.

Поступила в редколлегию 23.01.08

В.В. САЙКО, канд. техн. наук, ИП «Стратегия» (г. Желтые Воды)

УРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОРИЕНТИРОВАННАЯ НА ПОИСК ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В РЕЗУЛЬТАТАХ ОПРОСОВ

В работе предложена модель данных маркетинговых исследований, позволяющая существенно упростить процесс проектирования опросных листов, ввод данных и их анализ.

У роботі запропонована модель даних маркетингових досліджень, яка дозволяє суттєво спростити процеси проектування опитувальних листів, введення даних та їх аналізу.

The work offers a model of marketing research data that allows to simplify substantially the processes of questionnaire designing, data input and analysis.

Введение. Для решения аналитических задач в маркетинге обычно используется электронная таблица MS Excel, пакеты SPSS и Statistica, хотя практики отмечают слабые возможности визуализации обрабатываемых результатов в этих программных продуктах. В качестве источника внутренних данных (объемы продаж, характеристики клиентов) часто используются CRM-системы (Customer Relationship Management), построенные на базе решений Microsoft.

Программные средства, ориентированные на автоматизацию проектирования маркетинговых исследований и обработку их результатов, можно разделить на три группы:

1. Компактные и доступные программные средства (модули и макросы для MS Access и MS Excel), выполняющие специфические задачи.
2. Полнофункциональные программы, в которых частично формализованы общие для всех маркетинговых исследований процессы и методы.
3. Функциональные модули в интегрированных системах автоматизации маркетинговой деятельности.

Характерными примерами программных средств первой группы являются модули для MS Access: DB1 и МКВ-2 [1]. Программа DB1 используется при проведении и обработке опросов с целью получения информации, связанной с продажами автомобилей.

Примерами второго подхода являются программы «Социолог» и ПриС. Программный комплекс «Социолог» разработан в Тюменском государственном университете с целью автоматизации создания, публикации и обработки анкет [2]. В программном комплексе реализован интерфейс формирования бланка опроса, сформированы базы данных для хранения бланков анкет и результатов опроса, имеется возможность публикации анкет

при помощи web-технологий. Обеспечен контроль качества заполнения бланка и работа с приложением одновременно нескольких пользователей. Авторы считают, что публикация данного модуля в Интернет позволит использовать его на значительных географических территориях. Автоматизация обработки полученных данных заключается в отображении данных в количественном и процентном соотношении, построении диаграмм, анализе репрезентативности выборки.

Для разработки Web-интерфейса использовался язык PHP, разработка базы данных велась в MySQL. Общая схема работы системы «Социолог» выглядит следующим образом: выбор необходимого типового опроса - формирование Web-страницы с вопросами анкеты - получение ответов респондентов и их сохранение в БД - обработка результатов.

Структурно и функционально более совершенна система ПриС [3], реализованная в виде набора макросов Excel. В ней выделены подсистема планирования опроса (разработка анкеты, подготовка печатной формы анкеты, планирование выборочной совокупности, подготовка и распечатка заданий интервьюерам) и подсистема обработка опроса (ввод данных по заполненным анкетам в компьютерную базу данных, анализ частот ответов как по всему массиву анкет, так и с применением фильтров, исследование статистических зависимостей между парами переменных опроса и оценка их достоверности, распечатка результатов исследования).

Примером реализации функций маркетингового анализа в среде интегрированных систем является Marketing Analytic [4]. Этот программный комплекс предназначен для решения задач учета маркетинговой деятельности (включая учет продаж), маркетингового анализа (включая обработку результатов маркетинговых исследований), а также разработки стратегического и оперативного планов маркетинга.

В модулях анализа маркетинговой информации пользователю предоставлена возможность изучать разнородные данные с использованием OLAP-технологий. Общим недостатком системы является сложность ее настройки и освоения. Многофункциональность и разветвленная структура системы на практике затрудняет решение конкретных аналитических задач, ориентированных на результат. Следует отметить, что маркетинговая информация, используемая в системе, должна быть хорошо структурирована и проверена на соответствие известным правилам Кодда [5]. При этом сам этап структурирования необходимой информации вынесен за пределы системы.

Проведенный анализ используемых программных средств позволяет сделать следующие выводы:

1. В настоящее время решена задача автоматизации формирования опросных листов и ввода данных опросов с целью представления информации в форме, удобной для последующей обработки. При

этом вопросы не классифицируются в соответствии с методами их дальнейшей обработки.

2. Обработка результатов исследований в известных программных средствах выполняется с использованием стандартных статистических методов, а результаты анализа полностью зависят от квалификации исследователя и навыков кросс-табулирования больших объемов данных и выявления значимой информации.
3. В интегрированных системах подготовка информационной платформы управленческих решений проводится на основе сравнительного анализа маркетинговой информации с использованием технологии OLAP-куба, но этот процесс отделен от процессов планирования и организации маркетинговых исследований – входная информация должна быть заранее тщательно структурирована.

Постановка задачи. Таким образом, организация аналитической работы с данными в описанных системах аналогична работе в среде SPSS и Statistica – при большом количестве вопросов сохраняется риск исключения из анализа важных взаимосвязей. Такая ошибка маловероятна при исследованиях с целью подтверждения/опровержения гипотез вида «Снижение спроса обусловлено повышением цен». Однако вероятность ошибки возрастает в случае комплексных исследований рыночного потенциала предприятия, когда задача анализа не может быть сформулирована однозначно. Отметим, что результаты маркетинговых исследований являются основой для управленческих решений, где цена ошибки очень высока, а в случае малых размеров бизнеса - критична.

Общей особенностью процессов анализа маркетинговых данных является последовательное (по мере уточнения проблемы) извлечение и обработка данных. При этом сама обработка (например, анализ данных частоты покупок по 10 возрастным категориям и выделение групп, схожих по привычкам) требует достаточно высокой квалификации исследователя. Следует помнить, что исследователь и заказчик в подавляющем большинстве случаев разделены, а управленческие решения в маркетинге являются «объектно-ориентированными» - т.е. жестко привязанными к сегменту рынка. Недостаточно глубокий анализ или потеря в ходе анализа части данных может привести к некачественно подготовленному решению.

Отметим, что процесс анализа опросов соответствует концепции Data Mining. В результате использования этой технологии могут быть исключены ошибки анализа, обусловленные «человеческим фактором» - сложностью восприятия больших массивов разнородной информации. Акценты в этом случае смещаются от проверки заранее сформулированных гипотез, где полезны методы математической статистики, к сканированию информации с целью автоматического поиска шаблонов, характерных для каких-либо

фрагментов неоднородных многомерных данных. В отличие от оперативной аналитической обработки данных (online analytical processing, OLAP) в Data Mining функции формулировки гипотез и выявления необычных шаблонов выполняется в пакетном режиме.

Однако пакетная обработка данных исследования с целью поиска скрытых закономерностей и группировки потребителей по заранее неизвестным признакам невозможна без структурирования и типизации данных опроса. Для решения этой проблемы автором предлагается классифицировать вопросы с точки зрения логики их последующей обработки. При этом классификация должна, с одной стороны, быть понятна пользователю системы, т.е. опираться на устойчивую маркетинговую терминологию, а с другой стороны - обеспечивать эффективное структурирование данных с целью минимизации объемов обработки. Еще одним важным требованием является обеспечение интеграции с данными вторичной информации.

Результаты. В результате анализа содержания маркетинговых исследований, проводимых в ИП «Стратегия» в рамках программы студенческого консультирования (рис. 1), была сформулирована 5-уровневая классификация вопросов (рис. 2). В основу членения на уровни положено требование статистической независимости переменных, генерируемых вопросами одного уровня. По этой причине, например, к разным уровням были отнесены «Возраст» и «Образование».

Порядок уровней выстроен таким образом, что последовательная межуровневая кросс-табуляция результатов вопросов способна повысить информативность каждого этапа от уровня банальности (например, 30% респондентов имеют среднедушевой доход до 500 грн./месяц) до уровня сенсации (отличную оценку исследуемому магазину женской одежды дали только мужчины в возрасте старше 65 лет с доходом до 500 грн./месяц, холостяки, увлекающиеся рыбной ловлей и не посетившие ни одного магазина женской одежды за последний год).

В процессе программной реализации и апробирования предлагаемой модели данных, классификация вопросов была дополнена некоторыми типовыми вопросами исследований, которым соответствуют ранее разработанные методики маркетингового анализа. Кроме того, сформирован набор типовых сегментационных вопросов, что позволит не только использовать рациональные проектные решения, но и обеспечит более широкое использование результатов исследований. Например, наличие стандартного закрытого вопроса о возрасте респондентов с унифицированным набором возрастных интервалов позволит аккумулировать поведенческие характеристики респондентов, полученные в результате различных исследований.

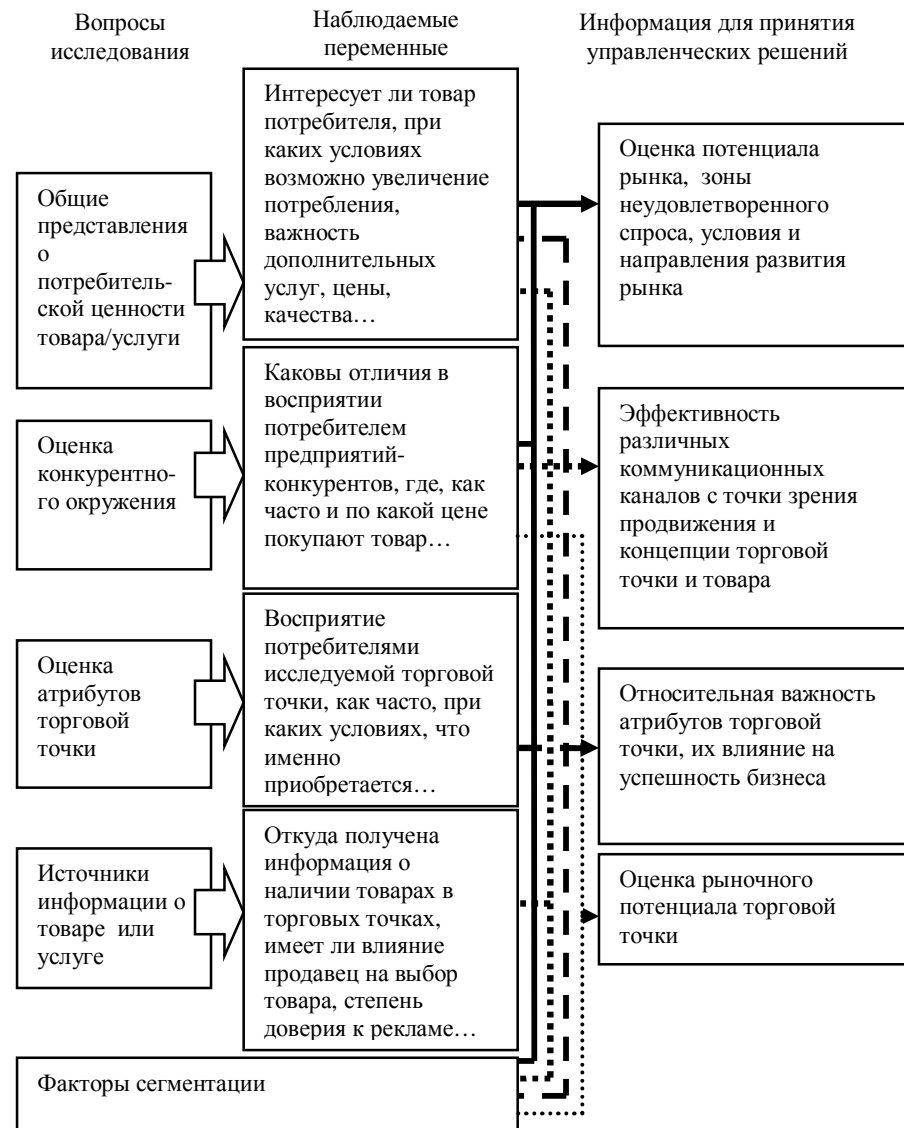


Рис. 1. Общая логика кросс-табулирования данных опросов для получения необходимой маркетинговой информации.

Уровни	Вопросы	Дополнительная вторичная информация
Уровень 1. Базовые переменные сегментирования	Стандартные вопросы сегментирования (пол, возраст, доход, состав семьи, род занятий)	Статистическая информация (численность по группам населения)
Уровень 2. Поведенческие характеристики респондентов	Дополнительные вопросы сегментирования (образование, семейное положение, увлечения, самоидентификация), источники получения информации (популярность СМИ, доверие к рекламе)	Статистическая информация, рейтинги СМИ
Уровень 3. Потребительская ценность товара/услуги	Оценка потребительской ценности товара/услуги (активность спроса, условия его увеличения, мотивы выбора, значимость атрибутов)	Объем рынка, экспертные оценки спроса и предложения
Уровень 4. Оценка рыночных условий	Оценка конкурентной среды (оценка предложения, оценка атрибутов отдельных предприятий, рейтинг предприятий, конкурентный профиль)	Экспертные оценки, данные предыдущих опросов
Уровень 5. Оценка исследуемого предприятия	Оценка исследуемого предприятия (покупательская активность, оценка атрибутов предприятия, предложения по повышению привлекательности предприятия)	Экспертные оценки, данные предыдущих опросов

Рис. 2. Уровневая классификация вопросов маркетингового исследования.

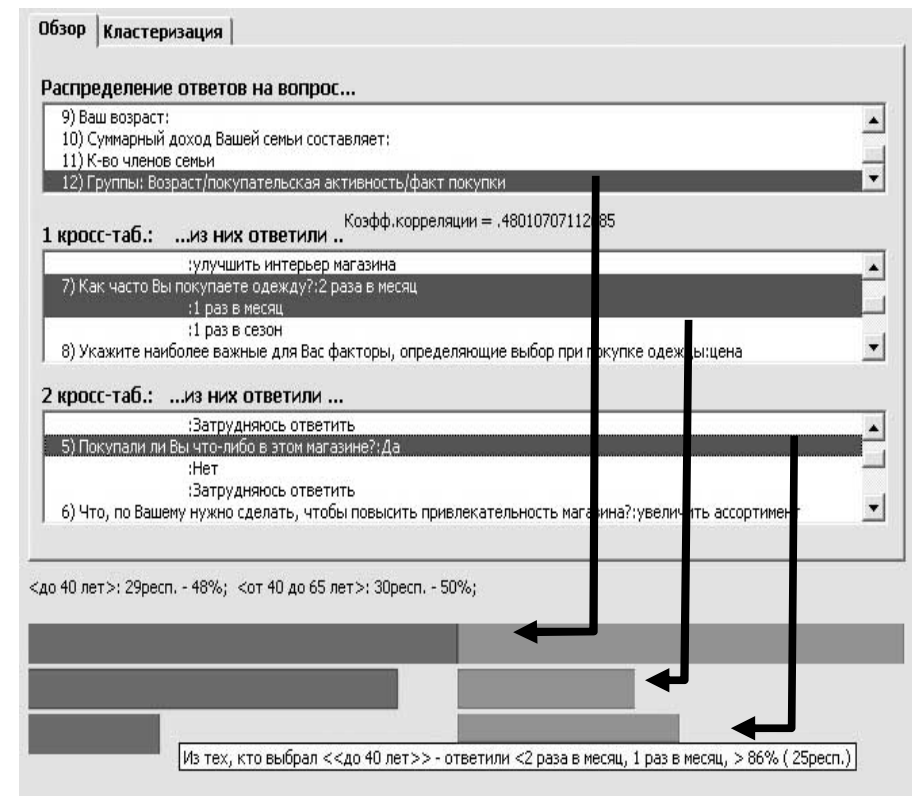


Рис. 3. Визуализация процесса поиска закономерностей.

Предложенная модель данных и разработанный на ее основе интерфейс проектирования опросных листов существенно упрощает процесс подготовки маркетингового исследования и ввода данных.

Однако основным преимуществом предложенной модели является возможность организации оперативного и наглядного процесса поиска закономерностей как в ручном, так и в пакетном режиме. В частности, мгновенное представление результатов кросс-табуляции в виде профилей (рис. 3) практически исключает возможность потери важных взаимосвязей в полученной информации.

Программная реализация предложенной концепции проводилась с использованием VBA, MS Excel. Разработаны и эксплуатируются в настоящее время три подсистемы (см. табл.).

Выводы. В результате анализа используемых в настоящее время программных средств автоматизации маркетинговых исследований систематизированы подходы к решению этой задачи. Установлено, что разработчиками решены проблемы формирования текстов опросных листов и обеспечена интерактивная обработка результатов исследований на основе традиционных статистических методов и типовых подходов к визуализации результатов.

Функциональная структура разработанного программного обеспечения

Подсистемы	Результат работы	Функциональные особенности
ResProject: проектирование опросного листа	Макет опросного листа для тиражирования	Возможность включения стандартных вопросов/ вариантов ответов. Сохранение в базе данных опросного листа для последующего проектирования по аналогии.
ResData: ввод данных	Таблица данных в формате MS Excel	Расчет частот, относительных частот, дисперсии, доверительного интервала.
ResAnalytic: анализ полученных данных	Отчет по этапам анализа данных	Простота кросс-табуляции, визуализация результатов в виде профилей, группировка, кластеризация.

С целью автоматизации обработки результатов исследований разработана классификация вопросов маркетинговых исследований и сформулированы требования к составу информации о вопросах, необходимые для организации эффективного поиска закономерностей в пакетном режиме обработки и последующей наглядной визуализации результатов.

Таким образом, на основе предложенной модели данных разработана и программно реализована новая концепция автоматизации обработки результатов маркетинговых исследований, сущность которой состоит в генерации области решений в виде набора кластеров, контентно определяющих будущие решения в области управления маркетингом.

Список литературы: 1. Модули и шаблоны: Маркетинговые исследования // <http://www.marketing.spb.ru/soft/temp2.htm>. 2. Акишева А.З., Моор П.К. Автоматизированная система формирования, публикации и обработки социологических опросов // <http://Conf.bstu.ru/conf/docs/0026/0390.doc>. 3. Василенко Т.Г. «Прикладной Социолог»: полная автоматизация социологического опроса <http://www.sura.ru/pnpoisk/index.html>. 4. Рыбых Д. Marketing Analytic. Официальное представление продукта разработчиком // http://www.marketing.spb.ru/soft/products/m_analytic.htm. 5. Codd, E.F. Does Your DBMS Run By the Rules?, ComputerWorld, 21. October 1985.

Поступила в редколлегию 15.04.08

УДК 658.155+628.1+628.2+681.5

П. І. АНПЛОГОВ, канд. техн. наук,
В. М. МИХАЙЛЕНКО, д-р. техн. наук, КНУБА,
С. Д. КИРИЧЕНКО, ВАТ «АК «Київводоканал» (м. Київ)

АСУ «ТАРИФ» ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ. РЕАЛІЗАЦІЯ ТАРИФНОЇ РЕФОРМИ ЖКГ

Розглянуто проблему оперативного формування тарифу на послуги з водопостачання та водовідведення. Для її вирішення пропонується розробити і застосувати автоматизовану систему експертної оцінки тарифів. В основу реалізації такої системи повинні лягти технічні засоби контролю і управління основними параметрами технологічного процесу. Значення цих параметрів є необхідною умовою для формуванні об'єктивних значень витратних складових тарифів

Рассмотрена проблема оперативного формирования тарифа на услуги поставки воды и водоотвода. Для её решения предлагается спроектировать и применить автоматизированную систему экспертной оценки тарифов. В основе реализации такой системы должны лечь технические средства контроля и управления основными параметрами технологического процесса. Значения этих параметров является необходимым условием для определения объективных значений затратной составляющей тарифов.

The tariff of water delivery and sewer on-line formation problem is considered. For its decision is offered to create and use the automated system of an expert estimation of tariffs. In a basis of realization of such system there should be control and management means of key technological process parameters. These parameters determination are a necessary condition of impartial tariffs formation.

Вступ.

У затвердженому Президентом України рішенні Ради національної безпеки і оборони України «Про стан житлово-комунального господарства України та основні напрями його реформування» вказується про непослідовність у політиці реформування житлово-комунального господарства, зокрема – в частині встановлення економічно обґрунтованих тарифів на житлово-комунальні послуги та вкрай повільний розвиток конкурентних ринкових відносин [1]. Це є прямим наслідком неналежного виконання законодавчих та інших нормативно-правових актів, зокрема – Закону України «Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004-2010 роки».

Другий етап цієї програми передбачає «запровадити ефективну систему державного регулювання діяльності суб'єктів природних монополій у сфері водо- теплопостачання та водовідведення». При цьому, необхідно «наблизити необліковані втрати води і теплової енергії та витрати енергоресурсів на виробництво житлово-комунальних послуг до рівня країн Європейського Союзу» [2].

Застосувати суспільно-оптимальну ціну, або ціну, яка вираховується на основі справедливого прибутку, є дилемою регулювання природної монополії державними органами. Для природних монополістів, якими є комунальні водоканали, ціна відповідає визначенню тарифу на послуги з водопостачання та водовідведення для населення. Для обґрунтованого визначення тарифу на ці послуги перш за все потрібно найбільш точно визначити необхідні виробничі витрати комунального підприємства, що й буде значенням витратної складової тарифу.

На думку авторів, це можливо зробити шляхом комплексної автоматизації відповідних технологічних процесів. З одного боку, комплексна автоматизація надасть можливість реалізувати точний облік витратної складової тарифу на одиницю послуги, а з іншого боку – оптимізувати технологічні рішення, які безпосередньо впливають як на формування витратної складової тарифу, так і на прибуток комунального підприємства [3-5].

Комплексна автоматизація управління зорієнтована на кінцевий економічний результат і потребує розробки загальних принципів створення автоматизованої системи експертної оцінки та регулювання тарифів (АСУ «ТАРИФ»). Основою такої системи мають бути економіко-математичні моделі об'єктів управління.

Для автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) водопостачання та водовідведення первинними моделями є моделі інженерних мереж, а для формування тарифу на водопостачання–водовідведення мають використовуватися інтегровані моделі технологічних процесів, які відбуваються в цих мережах і використовуються в автоматизованих системах управління (АСУ) виробництвом.

В цій статті пропонується використання економіко-математичних моделей управління системою водопостачання–водовідведення на рівні автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ). Такі моделі будуються на основі опису технологічних процесів і містять в собі економічні показники витрат на організацію цих процесів, що робить можливим точне визначення змінних і загальних витрат комунального підприємства у реальному вимірі часу, також обґрунтоване формування бази тарифу.

1. Комплекс АСУ водопостачанням та водовідведенням.

Об'єктом управління таких комунальних підприємств як водоканали є безперервні процеси якісного водопостачання та водовідведення у місті, що здійснюються за допомогою відповідних інженерних мереж. Забезпечення надійної роботи інженерних мереж водопостачання, водовідведення та енергетичної мережі, яка забезпечує енергопостачання насосних станцій та вузлів управління, є основним змістом діяльності водоканалів. Зрозуміло, що надання послуг з водопостачання та водовідведення має приносити прибуток для цих підприємств. До цього часу стабільний рівень об'ємів послуг, який

обумовлено діючими нормами водоспоживання, гарантувало підприємству відносно еластичність кривої споживання і відповідно – стабільний прибуток [3]. Зниження обсягів водоспоживання компенсується підвищенням тарифів і дотаціями з державного бюджету.

Прибуток комунального підприємства має непинно зростати не за рахунок необґрунтованого зростання тарифу, а завдяки застосуванню новітніх енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій, прогресивних методів управління, зниження кількості аварій, а також завдяки підвищенню кваліфікації експлуатаційного персоналу тощо.

АСУ виробництвом на засадах сучасних інформаційних технологій надає первинні дані та створює умови для встановлення обґрунтованого рівня тарифу на водопостачання–водовідведення. Рішення про розмір тарифу є суто соціально-політичним рішенням і приймається у сфері економіки. Запропонована схема має забезпечити максимальну «прозорість» тарифу і є необхідною базою для прийняття виважених управлінських рішень. При цьому забезпечується оптимізація технологічних процесів водопостачання–водовідведення, а також мінімізація витрат на здійснення виробничої діяльності й енергетичного та матеріально-технічного їх забезпечення, що безпосередньо створює умови для визначення оптимального тарифу.

На рис. 1 наведено принципову схему взаємодії компонентів автоматизованої системи управління водопостачанням та водовідведенням.

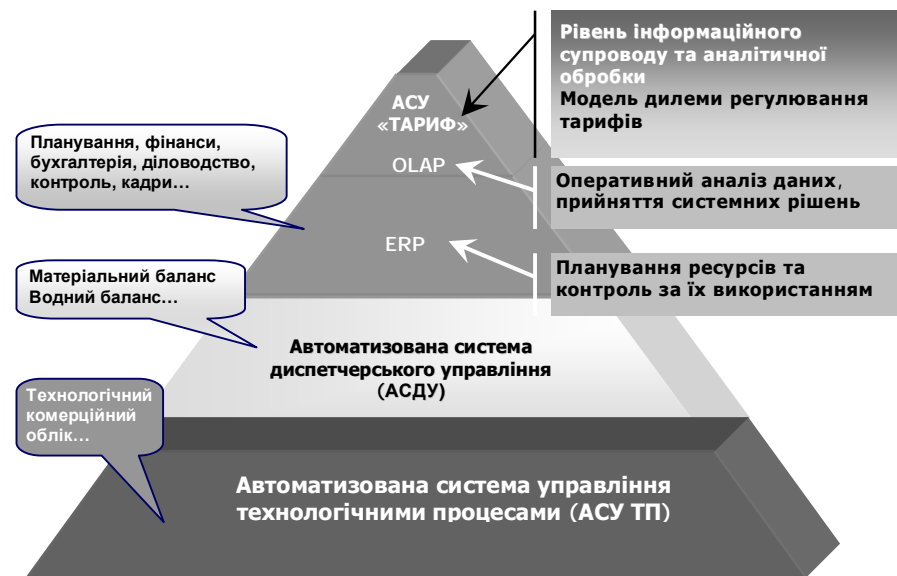


Рис. 1. Комплекс АСУ водопостачанням та водовідведенням

Автоматизована система управління водопостачанням та водовідведенням міста має об'єднати в собі правові, організаційні та технічні заходи загальноміського значення, а також внутрішні нормативні, проектно-конструкторські, інженерно-технічні та організаційно-штатні заходи підприємств комунального господарства міста.

Визначимо такі ієрархічні рівні системи:

- рівень локального автоматичного або автоматизованого регулювання водопостачання, водовідведення та їх енергозабезпечення – АСУ ТП процесами водопостачання–водовідведення;
- рівень оптимізації управління мережами водопостачання, водовідведення, їх енергозабезпеченням, координації та взаємодії, а також контролю та оптимального управління силами та засобами комунального підприємства – АСДУ;
- рівень інформаційного супроводу та аналітичної підтримки загальної управлінської діяльності (АСУ виробництвом), і на її основі – АСУ «ТАРИФ».

Базовою системою є АСУ ТП.

2. Автоматизовані системи управління технологічними процесами.

На рівні АСУ ТП здійснюється контроль, збір первинних даних про стан технологічного процесу в кожний момент часу, автоматичне або автоматизоване регулювання з використанням локальних технічних засобів. На цьому рівні здійснюється оперативний облік обсягів реальних витрат, що є складовими тарифу.

Розмір тарифу на водопостачання та водовідведення визначається з урахуванням таких факторів: якість сирової води, технологія підготовки води, стан інженерних мереж, геофізичні та геоморфологічні регіональні особливості.

Існуючі засоби автоматизованого контролю за станом технологічних мереж і обладнання вичерпали свій ресурс та морально застаріли, а тому мають бути замінені на сучасні засоби автоматизації з використанням промислових програмованих контролерів провідних виробників. Наприклад, до останнього часу при оперативному управлінні, гідравлічний розрахунок системи водопостачання міста за традиційними схемами на моделях розподілу потоків не застосовувався. Це обумовлювалося складностями в отриманні даних про фактичні та потрібні значення вузлових витрат у кожний момент часу, що в свою чергу визначалося можливостями технічних засобів, зокрема – рівнем розвитку обчислювальної техніки та засобів зв'язку.

Сьогодні розвиток технічних засобів дозволяє контролювати параметри технологічного процесу в реальному вимірі часу. Це надає можливість запровадження методології прогнозних розрахунків очікуваних змін водоспоживання і водовідведення, що дозволить максимально наблизитися до

оптимальних режимів роботи інженерних мереж та агрегатів на основі даних, які можна отримувати в режимі «in-line» (витратоміри, датчики тиску, датчики контролю за станом запірної арматури та режимами роботи насосних агрегатів тощо).

Таким чином, для створення сучасного комплексу засобів автоматизації контролю та управління технологічними процесами систем водопостачання, водовідведення та енергетичного забезпечення потрібні (рис. 2):

- поновлення функціонування та модернізація існуючих засобів автоматизованого контролю за станом технологічних мереж і обладнання;
- оснащення інженерних мереж додатковими засобами контролю, технологічного та комерційного обліку споживання та дистанційного управління;
- створення інфраструктури для забезпечення управління інженерними мережами на базі гідравлічного моделювання штатного стану систем водопостачання, водовідведення, а також прогнозованої динаміки його зміни.

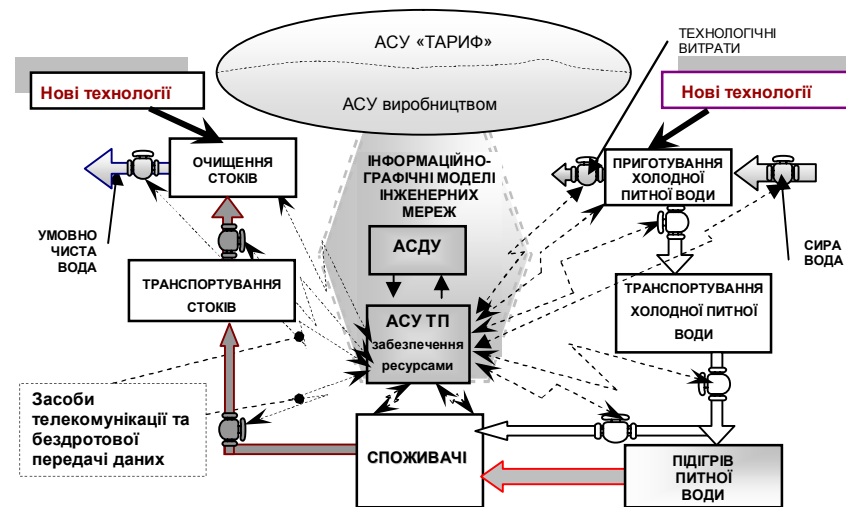


Рис. 2. Об'єднана схема АСУ ТП та АСДУ

Засоби технологічного та комерційного обліку спожитої електроенергії, обсягів використаної сирової, реалізованої питної та (в перспективі) технічної води, обсягів відведених стоків мають надавати можливість дистанційного зняття їх показань з використанням сучасних телекомунікаційних технологій. Вони мають стати підґрунтям для створення централізованої інформаційно-виміральної системи водопровідно-каналізаційного господарства з

перспективою її інтеграції до відповідної централізованої системи обліку енергоспоживання міста.

Включення засобів обліку спожитого продукту в модель інженерної мережі в якості об'єктів надає можливість на рівні АСУ ТП організувати збір первинної інформації для системи роботи із споживачами. Така організація роботи зі споживачами систем водопостачання надає можливість у напівавтоматичному режимі здійснювати: облік послуг, наданих абонентам; виставлення та облік рахунків до оплати за надані послуги; облік розрахунків з дебіторами, моніторинг стану дебіторської та кредиторської заборгованості; контроль за станом водомірного господарства; економічний аналіз тарифних доходів та заборгованостей; здійснювати інформаційну підтримку претензійно-позовної роботи.

Для реалізації об'єднаної схеми функціонування автоматизованих систем управління передбачається використовувати інформаційно-графічні моделі (ІГМ) інженерних мереж [6]. ІГМ поєднують функціональні описи об'єктів інженерної мережі з їх геометричним зображенням. Уніфікація опису ІГМ надає можливість наділяти моделі об'єктів властивостями у відповідності до функціональних вимог кожного рівня АСУ.

3. Математична модель управління та регулювання тарифу.

Вочевидь, що якісне та надійне функціонування інженерних мереж водопостачання та водовідведення залежить від відповідного рівня енергозабезпечення. Значну частину експлуатаційних витрат складає споживання електричної енергії. Процеси водопостачання та водовідведення у загальному розумінні є процесами трансформації електричної енергії електромеханічними засобами відповідних мереж.

З формальної точки зору, комплексне моделювання інженерних мереж є побудова наступних відображень:

$$\Omega_B \xrightarrow{\Psi_{BE}} \Omega_E, \quad (1)$$

$$\Omega_K \xrightarrow{\Psi_{KE}} \Omega_E, \quad (2)$$

де $\Omega_B, \Omega_K, \Omega_E$ - множини об'єктів ІГМ водопровідної, каналізаційної мереж та мережі енергозабезпечення. Ψ_{BE}, Ψ_{KE} - функціональні відображення відповідних моделей.

Побудова відображень моделей Ψ_{BE} і Ψ_{KE} є основою для комплексного моделювання мереж водопостачання, водовідведення та енергозабезпечення міста.

Позначимо через $R(\Omega)$ - витрати матеріальних та фінансових ресурсів, які пов'язані з експлуатацією мережі Ω , $B(\Omega)$ - накладні витрати на

управління мережею Ω . Тоді, з урахуванням (1) загальні витрати на експлуатацію мережі водопостачання можливо представити функцією:

$$C_B(\Omega_B, \Omega_E, \Psi_{BE}) = R(\Omega_B) + C(\Psi_{BE}) + B(\Omega_B), \quad (3)$$

де $C(\Psi_{BE})$ - функція витрат від деякого варіанту відображення моделі водопостачання на модель енергозабезпечення Ψ_{BE} .

Значення C_B є затратною складовою тарифу на водопостачання.

Аналогічно для водовідведення:

$$C_K(\Omega_K, \Omega_E, \Psi_{KE}) = R(\Omega_K) + C(\Psi_{KE}) + B(\Omega_K), \quad (4)$$

Загальна складова тарифу на водопостачання та водовідведення з урахуванням витрат на експлуатацію мережі енергозабезпечення:

$$C(\Omega_B, \Omega_K, \Omega_E, \Psi_{BE}, \Psi_{KE}) = C_B(\Omega_B, \Omega_E, \Psi_{BE}) + C_K(\Omega_K, \Omega_E, \Psi_{KE}) + R(\Omega_E) + B(\Omega_E), \quad (5)$$

де $R(\Omega_E)$ - витрати матеріальних та фінансових ресурсів, а $B(\Omega_E)$ - накладні витрати на управління для енергетичної мережі Ω_E .

Метою функціонування системи водопостачання та водовідведення є вибір таких структур моделей мереж водопостачання, водовідведення та побудова таких їх відображень на енергетичну модель, що вираз (5) досягає мінімуму:

$$C(\Omega_B, \Omega_K, \Omega_E, \Psi_{BE}, \Psi_{KE}) \rightarrow \min \quad (6)$$

Досягнення мети (6) створює необхідні умови для формування оптимальної структури тарифів на водопостачання та водовідведення.

Враховуючи, що у кожного об'єкта w з множини об'єктів ІГМ більшість функціональних властивостей змінюються у часі, можливо записати:

$$w(t) \in \Omega(t), \quad (7)$$

де $w(t)$ - об'єкт з властивостями на момент часу t .

Тоді (6) доповнюється ще одним суттєвим параметром, який відображає стан моделі у часі:

$$C(t) = C(\Omega_B(t), \Omega_K(t), \Omega_E(t), \Psi_{BE}(t), \Psi_{KE}(t)) \rightarrow \min \quad (8)$$

Таким чином, модель (8) формує мінімальні витрати на кожний момент часу t і дає можливість **динамічно змінювати тариф** майже в режимі реального часу. Практично зміну тарифу можливо здійснювати за деякий

відрізок часу Δt (місяць, квартал, тощо) шляхом знаходження інтегрального середнього оптимальних значень витрат $C(t)$ за інтервал часу Δt :

$$C_{cp} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} C(t) dt \quad (9)$$

Визначення тарифу за (9) відповідає моделі регулювання природного монополіста із застосуванням суспільно-оптимальної ціни [7].

Припустимо, що формується дохід на об'єкті w - $d(w(t))$ в кожний момент часу t . Загальний дохід від наданих послуг складає у момент часу t :

$$D(t) = \sum_{v \in \Omega_{обл}} d(v(t)), \quad (10)$$

де $\Omega_{обл}$ - множина об'єктів ПГМ - приладів обліку.

Тоді, з урахуванням (8) загальний прибуток у момент t :

$$P(t) = D(t) - C(t), \quad (11)$$

або у середньому за деякий час Δt :

$$P_{cp} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0+\Delta t} (D(t) - C(t)) dt \quad (12)$$

Якщо задати норму прибутку на одиницю витрат N , то тариф буде:

$$T_{cp} = C_{cp} (1 + N) \quad (13)$$

У випадку, коли $N=0$ ми отримуємо модель із застосуванням суспільно-оптимальної ціни. При $N \geq 0$ впроваджується модель на основі справедливого прибутку.

Таким чином, вираз (13) узагальнює обидві моделі і є математичною моделлю дилеми регулювання тарифу. На цей час, вибір значення N є політичною проблемою, і розглядається в теорії регулювання в інтересах суспільства, яка передбачає можливість забезпечити споживачів якісним обслуговуванням за доступними тарифами.

4. АСДУ та АСУ «ТАРИФ».

Розвиваючи систему диспетчерського управління неможливо обмежитися лише питаннями модернізації обладнання засобів контролю та управління. Потрібно принципово змінити всю організацію диспетчеризації шляхом створення ієрархічної територіально-розподіленої АСДУ, тобто – системи зон

контролю, управління обслуговуванням інженерних мереж водопостачання, водовідведення та їх енергозабезпечення.

Відображення моделей вигляду (1-2) повинні відбуватися саме на рівні АСДУ. Централізована структура системи водопостачання міста передбачає у значній кількості ділянок мережі надлишок тиску, наслідком чого, є невиправдані витрати електроенергії та підвищена аварійність. Вирішенням проблеми може бути зонування і комбінування відносно ізольованих елементів, побудова адекватної гідравлічної моделі, що у відповідності до (8) мінімізує витрати енергії і суттєво знижає складові тарифу $C(\Psi_{BE})$ та $C(\Psi_{KE})$. Існує необхідність впровадження технології зонування водопостачання та водовідведення, що передбачає встановлення електромеханічних засувок дистанційного управління в оптимальному режимі з відповідною мінімізацією впливу людського фактору.

Територіально розподілені АСДУ, які складаються з системи «функціональних вузлів» (або – «зональних диспетчерських») контролю, управління та обслуговування інженерних мереж, обладнується сучасними засобами телекомунікацій. Окрім функцій, необхідних для контролю та управління технологічним процесом водопостачання, АСДУ може виконувати функцію регулювання та експертної оцінки витрат на технологічний процес. Рівномірний розподіл зон контролю та обслуговування за умов географічного наближення обслуговуючого персоналу до периферійного обладнання мінімізує транспортні витрати та витрати часу в разі потреби безпосереднього втручання людини, також знижує витратну складову (9).

Однією з критичних ланок технологічного ланцюга є аварійність інженерних мереж, яка є наслідком загального низького рівня ефективності виробничих процесів водопостачання-водовідведення. Діагностика стану труб (в першу чергу – в районах підвищеної аварійності) та напрацювання на її основі аргументованого рішення про термінову планову заміну ділянок, що знаходяться в критичному стані, допоможуть стабілізувати ситуацію та зібрати необхідні дані для математичного моделювання мережі. Розрахунок оптимального гідравлічного режиму мережі водопостачання за математичною моделлю дозволить визначити ділянки, які в першу чергу підлягають заміні або реконструкції за критеріями гідравліки. Це дозволить аргументовано скласти графік заміни та реконструкції «критичних» ділянок мережі водопостачання.

Для створення адекватних ПГМ інженерних мереж необхідно виконати технічну інвентаризацію (паспортизацію) мереж водопостачання та водовідведення з картографічною прив'язкою їх обладнання (лінійного та станційного), характеристик джерел та навантажень, які підключаються, у вигляді електронної геоінформаційної моделі інженерних мереж [3]. Паспортизація об'єктів інженерних мереж має здійснюватися з

використанням сучасних засобів автоматизації. На основі її постійно поновлюваної інформації та єдиного адресного простору міста мають адмініструватися бази даних обліку планово-попереджувальних ремонтів та аварійно-відновлювальних робіт. Також має бути створена база даних сил та засобів, яка має стати основою управління процесами планування й виконання технічного обслуговування та ремонту обладнання, контролю за їх виконанням, що має позитивно вплинути на контрольованість технологічних процесів та оптимізувати обсяги поточних витрат бюджету.

Досвід передових підприємств галузі свідчить, що вирішення задач оптимізації управління системами водопостачання та водовідведення на основі комп'ютерного моделювання дозволяє суттєво знизити витрати на поточну експлуатацію цих систем. Крім того, сучасний рівень автоматизації забезпечує:

- ефективно вирішення задач прогнозування, оцінки ризиків аварійних ситуацій на основі аналізу накопиченого досвіду експлуатації інженерних мереж;
- обґрунтоване прийняття рішень щодо встановлення зворотного зв'язку в контурах управління лінійними та станційними об'єктами інженерних мереж за допомогою, наприклад, насосів з частотним регулюванням приводу або каскадних включень насосних агрегатів.

На базі АСУ ТП, АСДУ формується АСУ виробництвом, яка забезпечує ERP та OLAP рівні (див. рис. 2). Доповнення комплексу АСУ моделями (1-13) на всіх рівнях створює передумови для побудови комплексної АСУ «ТАРИФ». Таким чином, до складу АСУ «ТАРИФ» мають входити наступні основні компоненти:

- Автоматизована система обліку інженерних мереж на основі їх інформаційно-графічних моделей;
- Автоматизована система технічного обслуговування та ремонту обладнання;
- Типовий комплекс автоматизованого обліку параметрів водопостачання-водовідведення та розрахунку матеріального балансу;
- Автоматизована система роботи зі споживачами послуг з водопостачання та водовідведення;
- Автоматизована система бухгалтерського обліку, штатного розкладу, управління персоналом, заробітної плати;
- Автоматизована система бюджетування та контролю структури тарифу.

Комплексна взаємодія вищезазначених автоматизованих систем в рамках єдиного інформаційного простору забезпечить контрольоване формування та коригування тарифу на водопостачання та водовідведення у реальному вимірі часу.

Висновки.

Основою для формування тарифу на водопостачання та водовідведення складають витрати на забезпечення відповідних технологічних процесів. Сучасні методи формування тарифу узагальнюють економічні показники діяльності комунального підприємства за деякий період часу. Це обумовлюється тим, що облік компонентів витрат у реальному вимірі часу традиційними засобами є дуже складним, а, у більшості випадків – практично неможливим. Ситуація ускладнюється тим, що при формуванні тарифу не враховуються поточні фактичні показники і не вирішується дилема регулювання тарифу.

Створення автоматизованої системи експертної оцінки та регулювання тарифів, в основі якої має бути облік параметрів технологічних процесів, надасть можливість обґрунтовано та оперативно змінювати тариф у реальному вимірі часу у відповідності до умов і якості послуг, що надаються.

Список літератури: 1. Про стан житлово-комунального господарства України та основні напрями його реформування. Рішення РНБО України від 17.10.2006р. Затверджено Указом Президента України від 16.12.2006р. №1093/2006. 2. Загальнодержавна програма реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2004 - 2010 роки. Затверджено Законом України від 24 червня 2004 року N 1869-IV. 3. Анпілогов П.І., Михайленко В.М., Кириченко С.Д. Принципи створення автоматизованих систем управління тарифом для територіально-розподілених комунальних підприємств міста (на прикладі систем водопостачання та водовідведення)//Проблеми інформаційних технологій №1. – Херсон: ХНТУ. – 2007. с.150-155. 4. Анпілогов П.І., Науменко Л.В. Формування витратної та прибуткової складових на водопостачання та водовідведення в АСУ «Тариф» // Економіка будівництва і міського господарства Т.3. №3. – Донецьк: ДНАБА. – 2007. – с. 115-120. 5. Анпілогов П.І., Михайленко В.М., Науменко Л.В. Математична модель нарахування тарифів на водопостачання у реальному вимірі часу // Тези доповідей на XIII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології в економіці, менеджменті і бізнесі. Проблеми науки, практики і освіти». – Київ: Європейський університет. – 2007. – с.4-7. 6. Анпілогов П. И., Михайленко В.М., Кириченко С.Д., Анпілогов А.П. Принципы создания автоматизированных систем управления тарифом для сетей водоснабжения и отвода воды// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков: ХНТУ, 2007. - №2(26). – с. 7-11. 7. Макконнелл К.Р., Брю С.Л. Экономические принципы, проблемы и политика. Пер. с англ. 11-го изд. К., Хагар-Демос: «Бунчук» и ООО «Хагар». - 1993. – 785 с.

Поступила в редколлегию 22.01.08

Т. В. ДОНЧЕНКО, преп., ХНЭУ,
Е. Б. БЕРЕЖНАЯ, канд. экон. наук, ХНЭУ

РАСЧЕТ ТРУДОЕМКОСТИ СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

У статті пропонується методика розрахунку об'єму трудових витрат професорсько-викладацького складу по створенню учбових електронних інформаційних ресурсів. Зроблено висновки про можливу сферу застосування та розмір погрешності обчислення запропонованої методики.

В статье предлагается методика расчета объема трудовых затрат профессорско-преподавательского состава по созданию учебных электронных информационных ресурсов. Сделаны выводы про возможную сферу применения и размер погрешности вычислений предложенной методики.

In the article there have been proposed the method of computation of volume of labour expenses the professorial and teaching staff on creation of educational electronic informative resources. Are made have been conclusions about the possible purview and size of error of calculations.

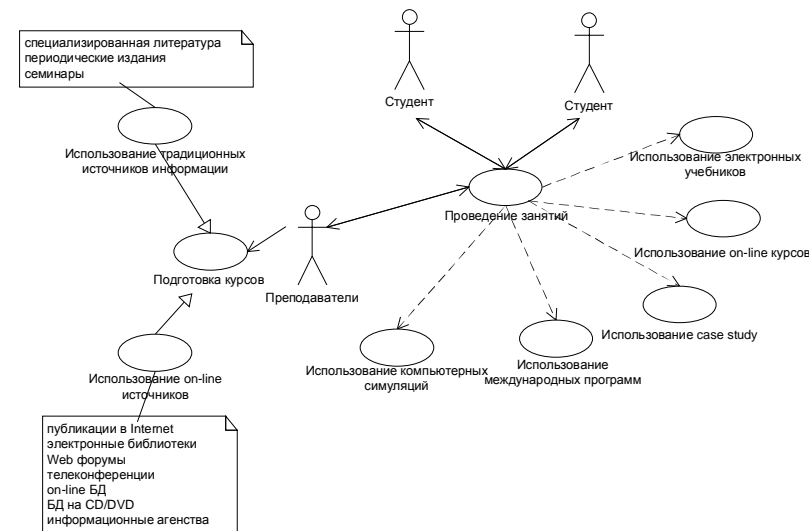
Введение. За последние годы развитие информационных технологий с одной стороны и внедрением болонского процесса с другой стороны сделало актуальной проблему модернизации системы образования, которая привела к необходимости внедрения дистанционного образования. Возникает объективная необходимость изменения формы подачи учебных материалов, что приводит к резкому увеличению трудозатрат преподавателей по разработке и модернизации электронных обучающих материалов.

Постановка задачи. Целью статьи является разработка методики учета трудозатрат преподавателей по созданию электронных учебных информационных ресурсов (ЭУИР).

В работах [1-2] приведены результаты исследований изменения методов и средств обучения на всех стадиях учебного процесса: подготовка курсов, проведение занятий, выполнение домашних заданий, подготовка проектов и магистерских работ. В значительной степени изменения в подходах к обучению инициируются новейшими информационными технологиями, новыми источниками информации. Использование преподавателями и студентами новых средств и ресурсов обуславливает необходимость разработки нового подхода к учебному процессу. Основой подхода является модель, основанная на интерактивных методах, использующих двунаправленный поток информации: преподаватель – студент, студент – студент, независимо от формы занятия (см. рисунок).

На основе проведенных исследований была уточнена и обобщена классификация электронных учебных информационных ресурсов. К ним можно отнести: электронные учебники, сборники заданий (задач),

контрольно-тестирующие комплекты, учебно-методические пособия, лабораторные работы, практикумы, справочники, копии авторских курсов лекций, учебников, справочников и учебных пособий, дидактические демонстрационные материалы, case study, компьютерные симуляции, компьютерные программы.



Структура вариантов организации учебного процесса с применением ЭУИР

На основании моделей, предложенных в [3-5] и нормативов ХНЭУ [6] была разработана методика расчета объема трудозатрат профессорско-преподавательского состава по созданию ЭУИР. Она основывается на определении трудоемкости работ авторов по разработке и созданию электронного учебного ресурса с учетом уровня технической сложности.

Предлагается рассчитать объем трудозатрат следующим образом:

$$F = S + B, \quad (1)$$

где F – объем трудозатрат авторов по созданию учебного ресурса,
 S – количество часов, затраченное на подготовку ЭУИР с учетом [7],
 B – общее количество часов, затраченных на создание элементов учебного материала с учетом сложности выполненных работ.

Общее количество времени, затраченное авторами на создание элементов учебного материала, определяется следующим образом:

$$B = C + D, \quad (2)$$

где C – время, затраченное на создание элементов учебного материала,

D – дополнительные часы за сложность выполненных работ.

Количество часов, затраченных работником на создание элементов учебного материала, определяется по формуле:

$$C = \sum_{i=1}^N \frac{V_i}{T_i}, \quad (3)$$

где V_i – общий объем работ i-го вида,
 T_i – норма выработки работ i-го вида (табл.1, 2),
 N – количество видов работ.

Таблица 1

Норма набора и обработки элементов материала за 1 час

№	Наименование работ	Норма выработки
1	Набор текста	4 (стр. ф. А4)
2	Набор математических и иных формул	20 (шт.)
3	Набор контрольных (тестовых) вопросов	20 (шт.)
4	Обработка отсканированных рисунков, скриншотов	8 (шт.)

Таблица 2

Норма выработки по созданию мультимедийных элементов за 1 час работы

№	Наименование работ	Норма выработки
1	Запись и монтаж видео информации	5 (минут)
2	Запись и монтаж аудио информации	5 (минут)
3	Создание анимаций	1 (шт.)
4	Создание собственных рисунков	2 (шт.)

Удельный вес мультимедийных элементов (графика, анимация, аудио, видео), содержащихся в тексте, определяется по формуле (4):

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{V_{Mi}}{T_{Mi}}}{C} \times 100\%, \quad (4)$$

где i – виды работ (табл. 2).

V_{Mi} – общий объем мультимедийных работ i-го вида,
 T_{Mi} – норма выработки мультимедийных работ i-го вида (табл.1, 2),
 N – количество видов мультимедийных работ.

Расчет дополнительной нагрузки с учетом характера выполненных работ определяется по формуле (5):

$$D = C \times K, \quad (5)$$

где K – коэффициент технической сложности УЭИР (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты технической сложности учебного материала (K)

Характер учебного материала	Коэффициент сложности
Только текст	0
Текст с использованием гиперссылок	1
Текст с использованием гиперссылок и рисунков (сканированных, скриншотов)	2
Текст с использованием гиперссылок, содержащий не менее 20 % других элементов (графика, анимация, аудио, видео)	3,5
Текст с использованием гиперссылок, содержащий не менее 40 % других элементов (графика, анимация, аудио, видео)	4,5
Текст с использованием гиперссылок, содержащий не менее 60 % других элементов (графика, анимация, аудио, видео)	5,5
Текст с использованием гиперссылок, содержащий не менее 80 % других элементов (графика, анимация, аудио, видео)	6,5

Таким образом, трудозатраты профессорско-преподавательского состава по созданию элементов учебного материала с учетом сложности выполненных работ рассчитывается следующим образом (6):

$$B = S * M, \quad (6)$$

где S – количество часов, затраченное авторским коллективом на подготовку учебного ресурса [6],

M – коэффициент сложности создания элементов УЭИР, зависящий от характера технологии разработки (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициент сложности создания УЭИР

Характер учебного материала	Коэффициент
технология гипертекст	1,35
технология pdf	1,25
технология мультимедиа	1,55

Разработанная методика была апробирована при расчете трудозатрат на разработку электронных ресурсов по дисциплинам, читаемым на кафедре "Информатика и компьютерная техника".

Например, авторы принимали участие в разработке электронного лабораторного практикума по Visual Basic Application для студентов 1 курса

всех специальностей. В нем содержатся основные теоретические сведения, задания, а также примеры по каждой рассматриваемой теме. При создании данного учебного ресурса были использованы средства мультимедиа и технологии гипертекст, что позволило разделить материал на фрагменты, соединив их в логические цепочки, улучшить представление учебного материала, обеспечить удобный интерфейс.

Общий объем набранного материала составил 66 стр. формата А4. Перечень работ, выполненных при создании электронного ресурса, приводится в табл. 5, 6.

Таблица 5

Объем работ по созданию и обработке элементов учебного материала

№	Наименование работ	Объем работ
1	Набор текста	38 (стр. ф.А4)
2	Набор математических и иных формул	4 (шт.)
3	Набор контрольных (тестовых) вопросов	–
4	Обработка отсканированных рисунков, скриншотов	63 (шт.)

Таблица 6

Объем работ по созданию мультимедийных элементов

№	Наименование работ	Объем работ
1	Запись и монтаж видео информации	21 (минут)
2	Запись и монтаж аудио информации	–
3	Создание анимаций	–
4	Создание собственных рисунков	7 (шт.)

Рассчитаем количество часов, затраченное автором на подготовку учебного ресурса, учитывая нормативы [6]. Данный показатель составил:

$$S = \frac{66 * 50}{16} \approx 206 \text{ (ч)}$$

Количество часов, затраченных авторами на создание элементов учебного материала, составило:

$$C = \left(\frac{38}{4}\right) + \left(\frac{4}{20}\right) + \left(\frac{21}{5}\right) + \left(\frac{63}{8}\right) + \left(\frac{7}{2}\right) \approx 25 \text{ (ч)}$$

На создание мультимедийных элементов (графика, анимация, аудио, видео) было затрачено около 8 часов, что составляет 32% от общего объема выполненной работы. Следовательно, коэффициент технической сложности представленного учебного материала равен 3,5. Дополнительные часы за сложность выполненных работ составили 88 ч.

Общее количество часов, затраченных на создание элементов учебного материала, составило:

$$B = 88 + 25 = 113 \text{ (ч)}$$

Итоговый объем трудозатрат авторского коллектива по представленным показателям составил:

$$F = 206 + 113 = 319 \text{ (ч)}$$

Для упрощения расчета вместо вычисления многочисленных показателей рекомендуется использовать интегрированный коэффициент (табл. 4). В данном случае он составил 1,55. Общие временные затраты по созданию ЭУИР составляют:

$$F = 206 * 1,55 \approx 319 \text{ (ч)}$$

Выводы. Практика показала, что полученные результаты с погрешностью 4%-6% совпадают с результатами расчетов по предложенной методике.

Для автоматизации расчетов объема учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава по созданию электронных учебных информационных ресурсов было создано соответствующее программное обеспечение. В дальнейшем предполагается доработать методику с учетом трудоемкости разработки учебных приложений, использованию новых информационных технологий, а также предусмотреть взаимодействие программного обеспечения с приложениями Microsoft Office: Word, Excel (экспорт, импорт информации, формирование итогового бланка с результатами расчетов, создание диаграмм).

Заключение. Предложенная авторами методика может быть использована для расчета объема учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава по разработке УЭИР в высших учебных заведениях.

Список литературы: 1. Донченко Т.В. Технологии дистанционного образования в системе образования. Управління розвитком №7, 2007р. с. 139-140. 2. Holberg C. Knowledge societies /Stockholm: Utbildningsdep. 1998. 110 s. Источник: XIV конференция "Новые технологии в образовании". 3. Методика расчета стоимости работы по созданию электронных учебных изданий. <http://udek.htu-npi.ru/medodic/>. 4. Система критериев качества учебного процесса для дистанционного образования <http://www.engineer.bmstu.ru/resources>. 5. Положение об организации разработки электронных учебных информационных ресурсов в СГУ 2006 г. <http://sgy.kaf-it.ru/resurs> 6. Нормативы для розрахунку навантаження викладачів у другій половині дня ХНЕУ. – Х: ВД "ІНЖЕК", 2007. – 20 с.

Поступила в редколлегию 22.05.08

Н.А.МАРЧЕНКО, канд. техн. наук,
А.К.АВРАМЕНКО, студентка НТУ «ХПИ»

МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

У статті пропонується методика класифікації зображень для систем дистанційного зондування Землі. Приведені результати неконтрольованої і контрольованої класифікації і їх порівняльний аналіз.

В статье предлагаются методика классификации изображений для систем дистанционного зондирования Земли. Приведены результаты неконтролируемой и контролируемой классификации и их сравнительный анализ.

In the article offered method of classification of images for the systems of the remote sensing of Earth. The results of out-of-control and controlled classification and their comparative analysis are resulted.

Введение. В настоящее время дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) наряду с традиционными методами сбора данных образует информационную основу для мониторинга территорий. Под мониторингом окружающей природной среды понимается система контроля, наблюдения, оценки и прогноза изменений природной среды, вызванных хозяйственной деятельностью человека [1].

Мониторинг территорий рассматривается как многоуровневая система, базирующаяся на современных средствах сбора, анализа и обработки информации. В состав методов получения информации о состоянии территорий входят дистанционное зондирование, разнообразные способы наземных наблюдений, лабораторные исследования, использование фондовых материалов. Одной из важных задач дистанционного зондирования является исследование биофизических параметров и состояния растительного покрова Земли [2].

Не смотря на многообразие программного обеспечения (ПО), предназначенного для обработки и представления полученной информации в виде тематических карт исследуемых объектов (RSI ENVI, ERDAS Imaging, eCognition и др.), существует ряд недостатков при его применении. В первую очередь – это его сложность в освоении конечным пользователем, в связи с избыточной функциональностью, предназначенной для научных, а не прикладных целей. Во-вторых – это закрытость кода и конечная функциональность, которые не позволяют вносить изменения в ПО для решения некоторых специфических задач. И, в-третьих – не всегда оперативное предоставление полученных данных, связанное с задержками на обработку информации и передачу ее пользователю. Поэтому разработка методики и последующего создания программного обеспечения для

классификации объектов по данным ДЗЗ является актуальной задачей для научных и практических целей.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка и тестирование методики классификации объектов по данным дистанционного зондирования Земли. Для осуществления поставленной цели необходимо выполнить неконтролируемую классификацию по методу ISODATA, а затем контролируемую классификацию, в качестве методов которой могут выступать: минимальное расстояние, расстояние Махалонобиса и максимальное правдоподобие. В качестве входной информации для работы используются многозональные космические снимки с различным пространственным разрешением.

Описание методики классификации. Известно, что классификация – это процесс разделения массы данных на классы (группы) по какому-то признаку [3, 4]. В данной работе используются данные ДЗЗ – снимки, полученные со спутника на которых в процессе компьютерной классификации каждый пиксель снимка относится в один из выбранных классов.

Выделяют два основных вида компьютерной классификации объектов по снимкам: без обучения и с обучением. При классификации без обучения все пиксели снимка разделяются на несколько групп или кластеров только на основе сходства и различия их значений яркости [4]. Для этого предлагается применять итеративный алгоритм ISODATA. В результате будет получена предварительная карта классификации, на которой разными цветами выделены различные кластеры.

При классификации с обучением вначале задаются эталоны для каждого класса – значения яркости, типичные для объектов, которые требуется автоматически распознать на снимке [4].

Если классификация проводится с использованием минимального расстояния, то для каждого j -го пикселя растрового изображения территории, подлежащей классификации ($j = 1 \div N$, где N – количество пикселей в исследуемом изображении) вычисляется набор решающих функций:

$$SD_{jc} = \sqrt{\sum_{t=1}^3 (X_{tj} - m_{tc})^2}, \quad (1)$$

где c – индекс класса, $c = 1 \div K^*$;

K^* – количество выбранных классов;

X_{tj} – яркость j -го пикселя t -го канала анализируемого изображения,
 $t = \overline{1,3}$;

m_{tc} – математическое ожидание значения яркости по t -му каналу для класса c .

Если классификация проводится с использованием расстояния Махалонбиса, то набор решающих функций вычисляется следующим образом:

$$MD_{jc} = (\bar{X}_j - M_c)^T \cdot COV_c^{-1} \cdot (\bar{X}_j - M_c) \quad (2)$$

где $\bar{X}_j = (X_{1j}, X_{2j}, X_{3j})$ – вектор яркостей j -го пикселя по каждому из каналов;

$M_c = (m_{1c}, m_{2c}, m_{3c})$ – вектор математических ожиданий яркостей для каждого выделенного класса по отдельным каналам;

COV_c – ковариационные матрицы яркостей для каждого выделенного класса.

При этом j -й пиксель анализируемого изображения идентифицируется с классом такого номера c , для которого функции (1) и (2) принимают минимальное значение.

Если классификация производится с использованием метода максимального правдоподобия, то набор решающих функций вычисляется следующим образом:

$$MPD_{jc} = \ln(p_c) - [0,5 \ln |COV_c|] - [0,5 (\bar{X}_j - M_c)^T \cdot COV_c^{-1} \cdot (\bar{X}_j - M_c)] \quad (3)$$

где p_c – априорная величина вероятности принадлежности пикселя к c -му классу, по умолчанию равная 1.

Основные результаты и выводы. Тестирование проводилось с фрагментом снимка со спутника «Ландсат-7», полученного сканирующей системой ETM+, с разрешением оригинального снимка 30 м. Представленный фрагмент снимка охватывает площадь 40x40 км.

На первом этапе проводилось исследование результатов неконтролируемой классификации в зависимости от качества исходного снимка при одинаковом количестве выделяемых классов. Рассматривалось три варианта снимка: с сильно зашумленностью (СЗ), с небольшой зашумленностью (НЗ) и отфильтрованное изображение (ОИ). В результате было установлено, что чем хуже качество изображения, тем меньшее количество классов было выделено. При этом полученные в результате классификации кластеры при наличии зашумленности ошибочно содержали внутри себя другие. Проведение фильтрации устранило эту ошибку. Результаты классификации приведены в табл.1, а на рис. 1 и 2 представлены отфильтрованное изображение и визуальное представление его классификации.

Таблица результатов неконтролируемой классификации

Номер класса (кластера)	Количество пикселей в изображении			Процент от общего количества		
	СЗ	НЗ	ОИ	СЗ	НЗ	ОИ
1	32261	18239	11146	19,45	10,99	6,72
2	17376	18843	13543	10,46	11,36	8,17
3	38778	21104	19762	23,38	12,73	11,92
4	33912	32236	24101	20,44	19,44	14,53
5	43507	40148	30880	26,25	24,21	18,62
6	–	35264	34790	–	21,27	20,98
7	–	–	31612	–	–	19,06
Всего	165834			100		



Рисунок 1. Исходное изображение

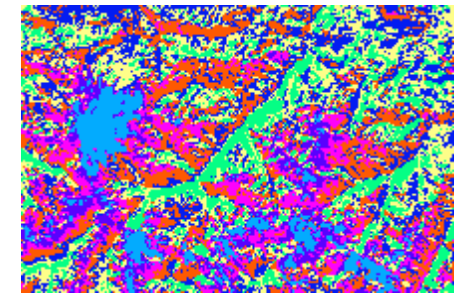


Рисунок 2. Неконтролируемая классификация

На втором этапе проводилась контролируемая классификация тремя методами для четырех наибольших классов 2, 4, 5, 6, которые были условно названы «ледники», «скалы», «леса», «высокогорная растительность». Остальные классы могут быть с ними объединены. Для этого были выбраны метод минимального расстояния (ММР), метод максимального правдоподобия (ММП) и метод расстояния Махалонбиса (МРМ). В табл.2 приведены результаты контролируемой классификации.

На рис.3. представлен пример контролируемой классификации методом минимального расстояния.

Таблица результатов контролируемой классификации для четырех заданных классов

Номер класса (кластера)	Название	Количество пикселей для карты классификации после применения метода			Процент от общего количества для метода		
		ММР	ММП	МРМ	ММР	ММП	МРМ
2	Ледники	35350	29995	30176	21,32	18,10	18,19
4	Скалы	24465	23722	23871	14,75	14,30	14,40
5	Леса	57390	62114	61768	34,61	37,45	37,25
7	Высокогорная растительность	48629	50003	50019	29,32	30,15	30,16
Всего		165834			100		

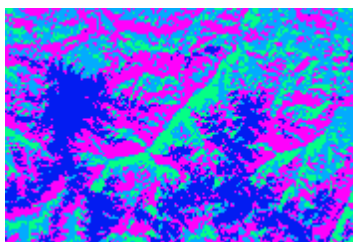


Рисунок 3. Результат контролируемой классификации

Таким образом, выбор процедуры и результаты классификации по снимкам в значительной степени определяются разрешением снимков, их качеством, характером изобразившихся на них объектов, и главное – целью классификации. Полученные результаты подтверждают адекватность разработанной методики классификации и позволяют использовать ее для самых различных задач эколого-географического картографирования, включая картографирование растительности, почв, ландшафтов, использования земель и т.п.

Список литературы: 1. Гарбук С.В., Гершинзон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. – М., Изд. А и Б, 1997. 2. Ю.А. Кравцов, Е.Б. Кудашев, М.Д. Раев, Д.А. Бондарев, В.В. Голомолзин. Использование космического мониторинга для оценки опасности жизнедеятельности в больших городах. //Физическая экология (физические проблемы экологии), № 4, С. 144-151. Изд. Физического факультета МГУ. Москва, 1999. 3. Р. Дуда, П. Харт. Распознавание образов и анализ сцен.- М.: Мир, 1976. 4. Гонсалес Р.К. Принципы распознавания образов- М.: Мир, 1978.

Поступила в редколлегию 12.05.08

Є.М.ГРАБОВСЬКИЙ, канд. екон. наук

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМАТІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО НАВЧАЛЬНОГО ВИДАННЯ

В статті пропонується аналіз особливостей форматів, які використовуються для створення мультимедійних навчальних видань. Наведена порівняльна характеристика графічних форматів мультимедійних видань.

В статье предлагаются анализ особенностей форматов, которые используются для создания мультимедийных учебных изданий. Приведена сравнительная характеристика графических форматов мультимедийных изданий.

In the article there have been proposed analysis of features of formats which are used for creation of multimedia educational editions. The comparative characteristic of graphic formats of multimedia editions is resulted.

Вступ. Мультимедійні навчальні видання формуються на основі використання певних форматів, які обумовлюють низку важливих характеристик таких видань з точки зору користувачів. Внаслідок цього актуального значення набирає задача аналізу форматів для формування мультимедійних навчальних видань.

Постановка задачі. У дослідженнях [1-5] аналізуються характерні загальні особливості певних форматів електронних документів, розглядається структура форматів, даються практичні рекомендації з використання форматів електронних видань для вирішення конкретних задач. Проте відсутня інформація стосовно аналізу форматів з точки зору вирішення задач формування мультимедійних навчальних видань.

Задача аналізу форматів для формування мультимедійних навчальних видань вирішується на Україні в рамках пріоритетного науково-технічного напрямку «Сучасні комп'ютерні технології інформатизації суспільства».

Метою даного розділу є аналіз і систематизація характерних особливостей форматів для формування мультимедійних навчальних видань.

Результати дослідження. Для подання графічних ілюстрацій в електронних виданнях використовується ряд графічних форматів. На сьогодні широке застосування знайшла всевітня глобальна мережа Internet (World Wide Web), в якій основними форматами графічних даних є GIF і JPEG. Починає активно використовуватися і графічний формат PNG, покликаний замінити формат GIF в Web-публікаціях. У електронних виданнях на CD-ROM крім добре растрових форматів використовуються векторні і формовизначаючі формати (що використовують концепцію метафайлу).

Файловий растровий формат GIF (Graphics Image Format) використовується для зберігання декількох растрових зображень в одному

файлі і застосовується для обміну растровими даними між платформами і системами. Актуальність концепцій, реалізованих у форматі GIF, з особливою очевидністю виявилася у зв'язку з розширеним використанням електронних видань (у вигляді Web-сторінок або Web-сайтів).

GIF — один з небагатьох форматів, що використовують ефективний алгоритм стиснення, майже не поступливий програмам-архіваторам. Іншими словами, GIF-файли не потрібно архівувати, оскільки це рідко дає відчутний вигрash в об'ємі.

Тому формат GIF, головним достоїнством якого є мінімальний розмір файлів, до цих пір зберігає своє значення основного графічного формату World Wide Web.

Файл у форматі PNG формується у вигляді набору порцій даних. Порція — це незалежний блок даних, структура якого визначена в специфікації формату. Порції мають власний ідентифікатор, відповідний внутрішньому формату даних, і читаються послідовно від початку до кінця файлу (поток даних).

З даними PNG-зображень зазвичай використовуються певні типи прогнозуючих фільтрів. Фільтрація даних здійснюється перед стисненням, а після розпакування виконується зворотна операція, в результаті якої відновлюються початкові значення даних.

На сьогоднішній день однією з яскравих ілюстрацій результатів досліджень в області розвитку технологій стиснення зображень є формат JPEG. Аббревіатура JPEG походить від назви комітету із стандартів Joint Photographic Experts Group (Об'єднана група експертів по фотографії), що входить до складу Міжнародної організації по стандартизації (ISO).

JPEG з'явився методом, що дозволяє стискати дані повнокольорових багатоградацийних зображень з глибиною від 6 до 24 біт/піксел з достатньо високою швидкістю і ефективністю. Сьогодні JPEG — це схема стиснення зображень, яка дозволяє досягти дуже високих коефіцієнтів стиснення. Правда, максимальне стиснення графічної інформації, як правило, пов'язане з певною втратою інформації. Для досягнення високого ступеня стиснення алгоритм так змінює початкові дані, що отримане після відновлення зображення відрізнятиметься від результатного. Цей метод стиснення використовується для роботи з повнокольоровими зображеннями високої фотографічної якості.

На основі JPEG-методу стиснення побудовано багато форматів, наприклад, формат TIFF/ JPEG, відомий як TIFF 6.0, TIFF, QuickTime і ін.

Результати порівняння основних графічних форматів мультимедійних видань наведені в табл.1.

Порівняльна характеристика основних графічних форматів мультимедійних видань

Графічний формат	Специфіка організації файлу	Особливості обробки колірної
GIF	Існують дві специфікації GIF. Перша відноситься до формату GIF87a, в якому передбачається запис безлічі зображень, другий, — до формату GIF89a, який орієнтований на зберігання як текстових, так і графічних даних.	Одним з головних достоїнств є те, що GIF дозволяє довільно задавати кількість кольорів (від 2 до 256), або розмір палітри, використовуваної в зображенні.
PNG	Файл (або потік даних) у форматі PNG складається з 8-байтового ідентифікаційного підпису і не менше чим трьох порцій даних — порції заголовка, порції палітри, порції даних зображення і завершуючої порції.	Підтримується прозорість основного кольору. Колірна обробка відбувається з використанням порції палітри (PLTE), яка присутня в потоках даних PNG, що містять дані індексованих кольорових зображень. За наявності палітри значення поля Color порції заголовка рівне 3. Потоки даних PNG truecolor-зображень (в цьому випадку поле Color приймає значення 2 або 6) також можуть містити порцію палітри.
JPEG	JPEG заснований на схемі кодування, що базується на дискретних косинус-преобразованіях. JPEG здійснює браження на два і більш за сегменти. Це полегшує буферизацію даних зображення в пам'яті ПЕВМ, прискорює їх довільну вибірку з диска і дозволяє зберігати зображення розміром понад 64x64 Кбайт.	Алгоритм JPEG здатний кодувати зображення, засновані на будь-якому типі колірного простору. JPEG кодує кожен компонент колірної моделі окремо, що забезпечує його повну незалежність від будь-якої моделі колірного простору (наприклад, від RGB, HSI або CMYK).

Аудіо- і відеодані мультимедійних учбових видань можуть бути також представлені у вигляді певних форматів.

Стандартним методом цифрового кодування на комп'ютері є PCM (Pulse Code Modulation). Найбільш популярним форматом, використовуваним для зберігання нестислих аудіоданих, є Microsoft PCM (WAV). Для відеороликів стандартним для комп'ютера вважається Microsoft Audio/Video Interleaved (AVI). Стиснення аудіо- або відеоданих як процес має на увазі конвертацію відповідно нестислого WAV-или AVI- файлу в інший формат з використанням алгоритму стиснення (тому програми для компресії/декомпресії даних називають конверторами). При цьому може бути використаний будь-який формат (навіть WAV і AVI), якщо він підтримує цей алгоритм.

Істотний прорив в області технологічних рішень щодо відеоданих забезпечили результати, отримані групою комітету із стандартизації MPEG (Motion Pictures Experts Group). Ця група запропонувала технологію компактного представлення цифрових відео-и аудіосигналів. Основна ідея полягала в перетворенні потоку дискретних цифрових даних в потік деяких записів, які вимагали меншого об'єму пам'яті. Це перетворення засноване на використанні статистичної надмірності і особливостях людського сприйняття. Закодовані незалежно аудіо- і відеопотоки надалі зв'язуються системним потоком, який здійснює синхронізацію і об'єднання безлічі потоків різних даних в одну кодову послідовність.

При створенні мультимедійних видань широкого поширення набула технологія QuickTime, що дозволяє інтегрувати всі можливі типи медіа-інформації, є основою для виробництва цифрового відео, звуку, анімації, графіки і ін.

Висновки. Таким чином, в даному дослідженні знайшли свого відбиття аналіз і систематизація характерних особливостей форматів для формування мультимедійних навчальних видань.

Наукова новизна даного розділу визначається систематизацією інформації стосовно особливостей і характеристик форматів з точки зору формування мультимедійних навчальних видань.

Практичне значення проведеного дослідження полягає в удосконаленні процесу створення мультимедійних навчальних видань на основі використання систематизованих особливостей і характеристик форматів.

Подальшим напрямком даного дослідження може виступати розроблення методики оцінки ефективності використання форматів певного типу для формування мультимедійних навчальних видань.

Список літератури: 1. Климов А.С. Форматы графических файлов. – С.-Петербург: ДиаСофт, 2005.– 480с. 2. Клецель А.И. Форматы графических файлов // Интернет: <http://www.fgf.com.ua> 3. Куликов В.А. DjVu - формат электронных документов // Интернет: [www-history.univer.kharkov.ua/lab/publications/djvu/kulikov_djvu.htm](http://www.history.univer.kharkov.ua/lab/publications/djvu/kulikov_djvu.htm) 4. Матвеев С.К. Форматы

графических файлов. // Открытые системы. – 2007.– №4. – с.12-15. 5. Мюррей Д.Д., Райнер У. Ван. Энциклопедия форматов графических файлов. Пер. с англ. – Киев: ВНУ, 2007, – 535с.

Надійшла до редколегії 22.05.08

УДК 519.2

А.К.НИКУЛИН, студент НТУ «ХПИ»,
Л.Б.КАЩЕЄВ, канд. техн. наук, доцент НТУ «ХПИ»

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОБЛІКУ І АНАЛІЗУ ТОВАРІВ І ПОСЛУГ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ УСТАНОВИ

У статті пропонується розглянути проблеми створення медичних автоматизованих систем та їх вирішення на прикладі програмного забезпечення для міжобласної лікарні № 100.

В статье предлагается рассмотреть проблемы создания медицинских автоматизированных систем и их решения на примере программного обеспечения для межобластной больницы № 100.

In the article it is suggested to consider the problems of creation of the medical automated systems and their decision on the example of software for an inter-regional hospital № 100.

Вступ. Останнім часом все більш зростає інтерес до використання засобів обчислювальної техніки в адміністративно-господарському управлінні, у сфері управління кадрами, при обліку клієнтів і матеріальних ресурсів. Це пояснюється можливостями, які несуть в собі обчислювальні засоби, насамперед сучасні персональні комп'ютери. Персональні комп'ютери є зручним засобом для автоматизації обробки інформації в різних областях людської діяльності.

Автоматизовані системи діляться на наступні групи: інформаційно-управляють (ці системи обробляють інформацію і пропонують єдине рішення поставленої задачі), інформаційно-парадні (системи пропонують декілька раціональних альтернатив для вирішення завдання, кожен з варіантів підкріплений чисельно, а особа, що ухвалює рішення, вже особисто вибирає із запропонованих варіантів відповідний) та інформаційно-довідкові системи (системи пропонують згруповану за якимось правилами інформацію або звіт, який містить дані, які оформлені за державними нормами у вигляді довідок або інших звітних документів) [1].

У будь-якому випадку суть усіх систем - обробка інформації, причому обробка загалом, а не для кожного запису окремо. Такі системи будуються «від запиту», тобто потрібно задати перелік параметрів, по яких відбуватиметься сортування інформації. Ці параметри безпосередньо залежать від інформаційних полів таблиць бази даних. Одне з ключових

значень в базі даних відводиться звітам. Під звітом розуміється форматове представлення даних, що виводиться на екран, принтер або у файл. Табличний звіт є таблицею, в якій дані впорядковані по стовпцях і рядках. Табличний звіт дозволяє надрукувати дані з таблиць в простому природному вигляді. Крім того, часто звітності мають бути отримані у вигляді відповідному формам звітності.

Слід зазначити, що системи обліку служать для статистичного управління різноманітних установ керування продажу як товарів, так і послуг. Програми, що реалізують завдання автоматизації таких процесів, можуть використовуватися в різних класах організацій, наприклад на складах, в перукарнях, магазинах, тощо. Таким чином, розроблена система, буде узагальнювати безліч дрібніших завдань по обліку клієнтів, обліку залишків ресурсів, обліку і аналізу проведених послуг і ін., для лікувальної установи, яка є найбільш складною з систем. Такою системою є автоматизована система обліку пацієнтів, медперсоналу, медичних ресурсів для міжобласної лікарні при ВТК№100, яка вже там упроваджена авторами статті.

Складність систем автоматизації медустанов очевидна – детальний облік клієнтів (пацієнтів), облік споживання ними ресурсів, медпослуг, аналіз якості і об'ємів роботи медперсоналу, наявність великого ряду форм звітності, як офіційних даних, які можуть бути відправлені до вищестоящих органів управління, так і «внутрішніх» даних. До того ж в останній час гострою стає проблема обліку медичних ресурсів, дотації на які лікарня мала з державної казни, проте тепер всі витрати покриває організація-відправник, для чого створені ряд форм звітностей [5].

Про важливість завдання говорить той факт, що прикладне програмне забезпечення інформаційних систем, необхідне установам охорони здоров'я, рідко може бути закуплено в готовому вигляді, так як практично всі установи охорони здоров'я володіють своєю специфікою.

Ціль роботи. Розробляється інформаційно-довідкова система. Початкові дані - база даних контингенту, що включає окрім довідкових даних інформацію про знаходження в медустанові за певні періоди, а також витрати відповідних ресурсів. У системі передбачається можливість додавання, видалення, редагування даних, а також резервного відновлення інформації згідно журналу подій. Крім того, інформація може бути збережена в архіві даних. Передбачається, що щодня відбуватиметься облік по контингенту (орієнтовний об'єм бази даних - до п'яти тисяч записів в рік).

Постановка задачі. На виході функціональна система повинна забезпечувати:

видачу довідок за даними про суб'єкта в екранній формі або у вигляді твердої копії відповідно до існуючих стандартів;

видачу довідок за даними конкретного суб'єкта і контингенту в цілому для подальшого використання інформації;

видачу ряду звітів, повний список яких є довідкової системі проекту;

для зручності оцінювання пропонувати інформацію в процентному співвідношенні для порівняння з попередніми періодами часу (річні, кварталні, місячні).

У зв'язку з особливостями предметної області на вхідних даних накладаються обмеження пов'язані тільки з коректністю введення інформації. В той же час коректність введення дат контролюється програмно, а більшість іншої інформації вводяться шляхом вибору з обмеженого списку.

Виконання вимагає вирішення наступних основних завдань: проведення аналізу особливостей і специфіки автоматизованих інформаційних систем в медицині;

аналіз технології роботи підрозділу, що автоматизується;

визначення необхідної вхідної і вихідної інформації;

розробки структури бази даних, яка включає:

декомпозицію інформації на складові;

збереження цілісності даних;

приведення таблиць до 3-ої нормальної форми;

розробки системи побудови запитів користувача;

розробку і налаштування програми;

проведення дослідної експлуатації і впровадження у замовника.

Готове вирішення програмного забезпечення дозволяє автоматизувати роботу приймального спокою і лікувальних відділень медустанови, вести електронні історії хвороби, а також легко управляти ліжковим фондом, враховувати витрату медресурсов і інших товарно-матеріальних цінностей. Крім того, за допомогою створеного програмного забезпечення можливе формування і ведення журналів в електронному вигляді.

Результатом впровадження електронної системи автоматизації є зручне і ефективно управління лікувальною установою. З робочого місця доступна будь-яка інформація про діяльність медичного персоналу і всіх підрозділів медустанови, можливе отримання вичерпних звітів про роботу установи. Реалізована програма надає можливість динамічного управління ліжковим фондом. Інформація про розподіл пацієнтів по відділеннях і наявність вільних койко-місць у будь-який час буде доступна відповідним співробітникам.

До складу форм державного і відомчого статистичного спостереження [5], в розробленому продукті, входять:

Форма 8. Звіт про захворювання активним туберкульозом

Форма 9. Відомості про захворювання, які надходять переважно з комп'ютерних мереж, грибковими шкірними захворюваннями і коростою

Форма 10. Звіт про захворювання психічними розладами і розладами поведінки

Форма 11. Звіт про захворювання наркологічними розладами

Форма 12. Зведення про число захворювань у хворих за рік

Форма 16-вн. Зведення про причини тимчасової непрацездатності

Форма 35. Звіт про хворих злякисними новоутвореннями

Форма 36. Звіт про контингенти психічно хворих

Форма 57. Відомості про травми, отруєннях і деяких інших наслідках дії зовнішніх причин, звіт по госпіталізації (підсумки), звіт по госпіталізації (список), звіт по диспансерній групі, звіт за підсумками ПМО, реєстр наданих послуг, зведення про звільнені, звільнені у зв'язку із смертю

Форма 064/у. Карта вибулого із стаціонару.

Окрім перерахованих форм державної статистичної звітності в розділ медичної статистики входять наступні звіти:

- звіт по госпіталізації;
- звіт по диспансерній групі;
- звіт за підсумками ПМО.

Крім того, користувачам системи може бути наданий доступ до оперативної статистики по обслуговуванню пацієнтів:

- відділення лікарні (список, підсумки за період);
- диспансерний облік (список, підсумки за період);
- госпіталізація (список, підсумки за період);
- «робота» ліжка (чисельна інформація).

Існує ряд додаткових статистичних звітів для внутрішнього використання, для яких розроблені відповідні механізми їх отримання. До таких внутрішніх звітів відноситься відповідні механізми їх отримання. До таких внутрішніх звітів відноситься напрацювання лікарів за звітний період, залишки на складі ресурсів, звіт по заборгованості кожної організації, що направляла пацієнтів та ін. Дані для звітів з витрат мед ресурсів додаються до відповідних таблиць шляхом введення інформації з програми відповідальною особою.

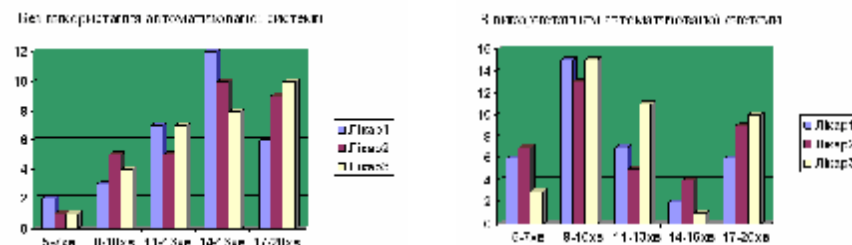
Враховуючи той факт, що формати звітних документів, що готуються з використанням даного модуля, можуть з часом мінятися як по складу інформації, так і за формою уявлення, існує можливість по їх зміні персоналом лікувальної медичної установи після відповідного навчання.

Автоматизація обліку пацієнтів для спеціалізованої медичної установи (Обласна лікарня при ВТК № 100), особливістю якої стало специфічна наповненість даних, специфіка яких полягає у відсутності деякої стандартної інформації (адреса прописки, місце мешкання, номери посвідчення підтверджуючого особу і страхового поліса). Але в теж час наявністю додаткових відомостей, зокрема, що відправляє організації з вказівкою номера і адреси, та ін. Система дозволяє створювати ряд необхідних звітів, як в електронному вигляді, так і у вигляді твердої копії. Стандарти звітних документів затверджені Міністерством охорони здоров'я України. Окрім цього існує ряд додаткових можливостей по отриманню звітної інформації по стаціонар з розбиттям по ІТК, відділенням лікарні і ін.

Проект заснований на інформаційній СУБД, що включає всі основні можливості СУБД: додавання, редагування, видалення даних, як основних даних, так і додаткових довідників, а також отримання довідкових даних по

кожному суб'єктові медустанови. Що, у свою чергу, мало на увазі розробку структури реляційної бази даних і приведенню її до третьої нормальної форми [4], а також розробки призначеного для користувача інтуїтивно-зрозумілого інтерфейсу. Для вирішення поставленого завдання було вирішено використовувати систему управління базами даних *Interbase* [3], а клієнтську частину програми реалізувати в середовищі *Delphi*, яке є повноцінним 32-х розрядне додатком. *Delphi* є об'єктно-орієнтованою, візуально-програмованою середою, що повною мірою відповідає вимогам, що пред'являються до сучасних засобів проектування [1]. Окрім цього, в *Interbase* існує поняття бази даних, яка містить сукупність таблиць, що, власне, є важливим пунктом для створення такої програми.

Висновок. Варто сказати, що були перевірені деякі спостереження щодо використання часу під час прийому пацієнта з урахуванням оформлення документації. Природно, що дані отримані спостереженням не є офіційними, а лише дають загальне уявлення про використання часу. На рисунку відображена діаграма, що показує кількість прийнятих пацієнтів за певні проміжки часу без застосування автоматизованої системи і з нею.



Діаграма використання лікарського часу

Судячи з рисунку можна відзначити, що економія робочого часу очевидна, різниця при використанні створеної системи досягає більш за півгодини на прийомі 50 пацієнтів, що є приблизно рівним 25% економії робочого часу, що у свою чергу може істотно позначитися на збільшенні якості роботи медперсоналу.

Список літератури: 1. *Кинг Д.* Создание эффективного программного обеспечения: Пер. с англ. - М., Мир, 1991. 2. *А. Я. Архангельский* «Программирование в Delphi 7» Издательство: Бином-Пресс, 2003 г. 3. *Каррабис Дж. - Д.* «Программирование на Interbase»: М: Финансы и статистика, 1991. - 240с.: ил. 4. *Мартин Дж.* «Организация баз данных в вычислительных системах»: пер. с англ. - М:Мир, 1990. - 660с.:ил. 5. Серия "Обзоры по важнейшим проблемам медицины": выпуск № 5: "Использование автоматизированных больничных информационных систем за рубежом": М: Медицина и здравоохранение, 1998.

О.В. ЄФІМОВ, д-р техн. наук, професор, зав. каф. НТУ „ХПІ”,
М.М. ПИЛИПЕНКО, канд. фіз.-мат. наук, ст. н. с. ННЦ „ХФТІ” НАНУ,
Т.О. ЄСИПЕНКО, н. с. НТУ „ХПІ”,
В.Л. КАВЕРЦЕВ, канд. техн. наук, доцент НТУ „ХПІ”,
О.О. ЧУЯН, студент НТУ „ХПІ»

МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ АЕС

Представлены примеры и обоснование необходимости применения математического, в том числе и имитационного, моделирования определения надежности и оптимизации параметров технологических процессов с целью создания и усовершенствования систем интеллектуальной поддержки, необходимых для автоматизированного управления сложными теплоэнергетическими системами.

Представлены примеры обоснования необходимости применения математического, в том числе и имитационного, моделирования определения надежности и оптимизации параметров технологических процессов с целью создания и усовершенствования систем интеллектуальной поддержки, что необходимо для автоматизированного управления сложными теплоэнергетическими системами.

Examples and substantiation of necessity of application mathematical, including imitating modeling of definition of reliability and optimization of parameters of technological processes for the purpose of creation and improvement of systems of the intellectual support necessary for automated management of a difficult heat power systems are presented.

Вступ. Вирішення задач підвищення ефективності, надійності, екологічності і безпеки виробництва електричної, теплової та інших видів енергії тепловими і атомними електростанціями, являє для України важливу та актуальну проблему державного значення, яка безпосередньо пов'язана з енергетикою, енергозбереженням і запобіганням масштабних техногенних катастроф.

У зв'язку з цим постійно зростають вимоги до розробки нових ефективних теорій і методів аналізу якості функціонування і структурно-параметричного синтезу складних теплоенергетичних систем, їхньої діагностики і прогнозування надійності, як під час проектування, так і в процесі експлуатації. Це стосується теплоенергетичних об'єктів як вже діючих, так і нового покоління.

Тому на протязі багатьох років у світі постійно і послідовно проводяться фундаментальні наукові дослідження у напрямку розробки нових теорій і методів математичного, у тому числі, і імітаційного моделювання, визначення надійності та оптимізації параметрів технологічних процесів в енергетичному устаткуванні з метою створення та удосконалення систем інтелектуальної підтримки, що необхідні для автоматизованого управління складними теплоенергетичними системами. Особливого значення застосування систем інтелектуальної підтримки набуває в умовах відсутності або значної

невизначеності інформації о змінах параметрів технологічних процесів під час експлуатації складних теплоенергетичних систем.

Постановка задачі. Застосування методу математичного моделювання може бути показано на прикладі математичного моделювання і оптимізації параметрів парогенераторів АЕС з ВВЕР.

Для АЕС з ВВЕР розроблено декілька типів парогенераторів, які відрізняються не тільки принципами генерації пару, але і конструктивними характеристиками. Створення єдиної математичної моделі, яка б могла описати всі можливі типи парогенераторів для АЕС з ВВЕР і всю різноманітність їх конструктивних характеристик, представляє собою вельми складну і трудомістку задачу. Крім того, така модель в кожному випадку використання для конкретного типу парогенератора містила б надто великий об'єм надмірної інформації, яка необхідна для розрахунку інших типів парогенераторів, як з точки зору наявності вихідних даних, так і з точки зору наявності алгоритмів, які складають сутність моделі. У зв'язку з цим в практиці парогенераторобудування розробляються математичні моделі, кожна з яких описує відповідний тип парогенератора з урахуванням характерних для нього особливостей протікання технологічних процесів і конструктивних рішень окремих вузлів і елементів. Тим не менш, незалежно від технологічних і конструктивних особливостей парогенераторів принципи побудови їхніх моделей і алгоритми розрахунків подібні.

На рис. 1 представлена загальна логико-структурна схема розрахунку прямого гідкотрубного парогенератора для АЕС з ВВЕР.

Розрахунок парогенератора починається з визначення термодинамічних параметрів робочої речовини (води і водяної пари) у вузлових точках пароводяного циклу і визначення параметрів теплоносія в $t-Q$ координатах. Потім виконується вибір з бази даних моделі (блок 1) значень вихідних даних, необхідних для проведення теплового розрахунку (блок 2), і перевірка обмежень по діаметру корпусу парогенератора, виходячи з заданих в першому приближенні значень зовнішніх і внутрішніх діаметрів трубок поверхонь теплообміну, швидкості теплоносія в трубках, кількості парогенераторів в енергоблоці та інших.

Для проведення теплового розрахунку поверхні теплообміну парогенератора розділяються на п'ять ділянок, які входять до економайзерної, випарувальної і пароперегрівальної частин парогенератору.

Після визначення у результаті теплового розрахунку (блок 3) площин поверхонь теплообміну парогенератора та довжини його трубок (блок 4) визначаються відстані між розподільними перегородками міжтрубної відстані і проводяться гідравлічні розрахунки першого і другого контурів парогенератора (блок 5). На основі одержаних значень гідравлічних опорів ділянок випарувальної і пароперегрівальної частин парогенератору здійснюється більш точний розрахунок площин їх поверхонь теплообміну з урахування уточненого значення температури насичення (блок 4).

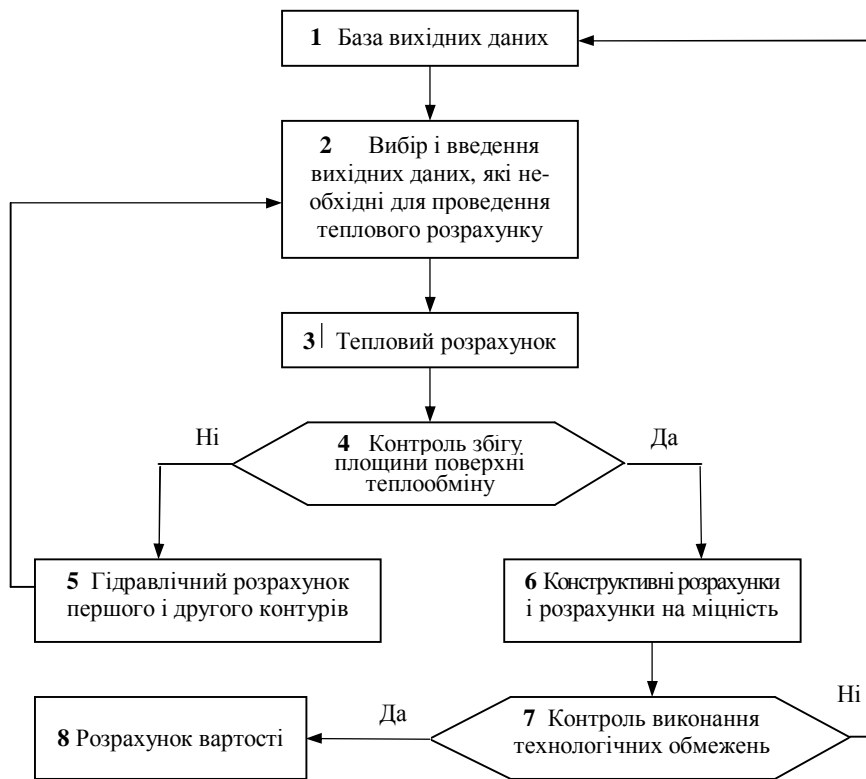


Рисунок 1. Загальна логико-структурна схема розрахунку прямооточного гладкотрубного парогенератора для АЕС з ВВЕР за допомогою математичної моделі

Після виконання конструктивних розрахунків і розрахунків на міцність елементів конструкції парогенератора (блок 6) перевіряються основні технологічні обмеження цих елементів конструкції (блок 7), в тому числі критична різниця відносних подовжень корпусу і трубок, товщини трубних дощок, товщина днища (еліптичного або сферичного), діаметри патрубків трубопроводів теплоносія і поживної води та інші. Якщо технологічні обмеження елементів конструкції парогенератора не виконуються, проводяться ітераційні розрахунки з введенням відповідних коректив в базу вихідних даних (блок 1). Останнім з технологічних обмежень елементів конструкції перевіряється висота парогенератора.

На останньому етапі розрахунків парогенератора за допомогою математичної моделі визначається його вартість методом укрупненого калькулювання (блок 8). Матеріальна складова вартості парогенератора

розраховується, виходячи з маси застосованих конструкційних матеріалів і їх сорторозмірів.

В математичній моделі парогенератора також використовуються інтерполяційні та апроксимаційні рівняння термодинамічних і теплофізичних властивостей води і водяної пари. Крім того, в математичній моделі використовуються рівняння, які описують механічні властивості застосованих конструкційних матеріалів.

У результаті проведення оптимізаційних розрахунків прямооточного гладкотрубного парогенератора за допомогою математичної моделі мають бути одержані його оптимальні техніко-економічні показники, такі як розрахункова довжина теплообмінних трубок; кількість трубок в одному парогенераторі; довжина і діаметр корпусу парогенератора; маса парогенератора.

Прикладом застосування методу імітаційного моделювання, для енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000, яке представляє великий інтерес як для проектувальників, так і для експлуатаційного персоналу АЕС, є визначення за допомогою імітаційної моделі енергетичних характеристик, що описують вплив температури поживної води на вході в парогенератори на електричну потужність, теплову економічність (питома витрата теплоти) і надійність енергоблоків.

На рис. 2 і рис. 3 представлені залежності змінювання споживчої турбоустановкою типу К-1000-60/1500, яка входить до складу цих енергоблоків АЕС, теплової потужності реактора ВВЕР-1000, її електричної потужності і питомої витрати теплоти на виробку електроенергії від температури поживної води на вході в парогенератори при постійній сумарній витраті свіжої пари на турбину і другу ступінь проміжного пароперегрівача. Лінійна залежність Q , яка представлена на рис. 2, ілюструє необхідне для забезпечення номінальної електричної потужності енергоблоку підвищення теплової потужності реактора у випадку зниження температури поживної води.

Зниження температури поживної води імітується в математичній моделі шляхом вар'ювання значень недогрівів в регенеративних підігрівачах високого тиску і послідовним їх відключенням. Змінювання питомої витрати теплоти енергоблоків в діапазонах температур поживної води 180÷190 °С, 190÷210 °С и 210÷230 °С досягається змінюваннями недогрівів у відповідних підігрівачах, які поживляються паром з відборів турбіни.

Аналіз теплового циклу турбоустановки типу К-1000-60/1500 свідчить про те, що в межах одного і того ж діапазону температур поживної води потенціал гріючої пари не змінюється при змінюванні недогріву на відповідному цьому діапазону останньому працюючому підігрівачі. При переході з одного діапазону на інший у зв'язку з використанням для нагріву поживної води пари (підігрівача) від вище лежачого відбору турбіни різко змінюється і його потенціал.

Саме цим обумовлена кускова гладкість залежності питомої витрати теплоти q_1 енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 від температури поживної води

$t_{п.в}$ (порушення гладкості – розрив першої похідної $\partial q_1' / \partial t_{п.в}$ – відбувається в точках, що відповідають температурам 190 °С и 210 °С). На відміну від кривої q_1 крива q_2 є повністю гладкою по всьому діапазону температур поживної води 180÷230 °С, яке досліджується. Ця крива відображає змінювання економічності енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 при умовному безперервному змінюванні тиску грючої пари, що подається на останній працюючий регенеративний підігрівач, тобто коли потенціал грючої пари змінюється безперервно.

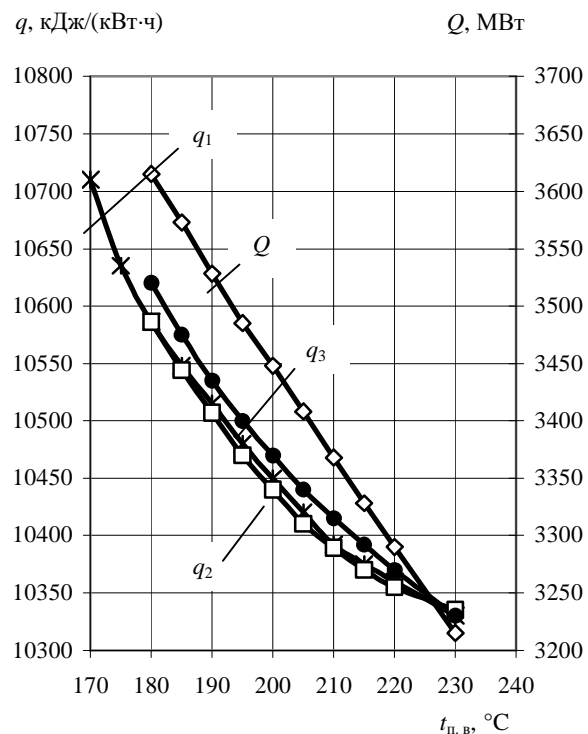


Рисунок 2 . Вплив температури поживної води на показники енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 і турбоустановкою К-1000-60/1500:

q_1 –×– змінювання питомої витрати теплоти при перемінній тепловій потужності реактора; q_2 –□– змінювання питомої витрати теплоти при перемінній тепловій потужності реактора при умовному безперервному змінюванні тиску грючої пари; q_3 –●– змінювання питомої витрати теплоти при постійній тепловій потужності реактора; Q –◇– змінювання теплової потужності реактору

Точки порушення гладкості кривої N_1 (рис. 3), яка характеризує збільшення електричної потужності енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 при зменшенні температури поживної води на вході в парогенератори, відповідають тим же температурам, що і зломи кривої q_1 та обумовлені тими ж причинами.

Криві Q , q_1 , q_2 и N_1 є теоретичними (ідеалізованими) енергетичними характеристиками енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000, які здатні збільшувати без обмежень показників надійності теплову потужність реактора $Q = var$. Однак, на відміну від котельних агрегатів енергоблоків ТЕС, які працюють на органічному паливі, конструкції водо-водяних енергетичних реакторів і парогенераторів, які використовуються зараз в Україні і Росії, не дозволяють вар'їрувати теплову потужність реактора без суттєвого зниження рівня проектної надійності АЕС. Тому у теперішній час в реальних умовах експлуатації енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 при підтримці постійної теплової потужності реакторів $Q = const$ зниження температури поживної води $t_{п.в}$ на вході в парогенератори супроводжується відповідним зменшенням витрати свіжої пари, що вироблюється в них.

У зв'язку з цим представляють інтерес показані на рис. 2 і рис. 3 криві відносного змінювання теплової економічності q_3 і електричної потужності N_2 енергоблоків АЕС з ВВЕР потужністю 1000 МВт, які одержані при тих же вихідних передумовах, що і крива q_1 , але при постійних значеннях теплової потужності реактора $Q = const$ і надійності $R = const$.

Ці залежності наглядно підтверджують неможливість підвищення електричної потужності енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 за рахунок відключення одного чи декількох регенеративних підігрівачів високого тиску при постійній тепловій потужності реактора. При цьому необхідно відмітити, що збільшений по зрівнянню з кривою q_1 вплив кривої q_3 на теплову економічність енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 пояснюється погіршенням параметрів робочого циклу турбоустановки типа К-1000-60/1500 в наслідок зменшення тиску свіжої пари на вході в проточну частину турбіни. Коли б цього зменшення тиску не було (що можливо при корекції проточної частини турбіни під кожену температуру поживної води), то крива q_3 лежала б нижче кривої q_1 .

Характер змінювань енергетичних характеристик N_1 , q_1 , q_2 , N_2 и q_3 свідчить про значний вплив температури поживної води $t_{п.в}$ на вході в парогенератори на електричну потужність, теплову економічність і надійність енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 в цілому.

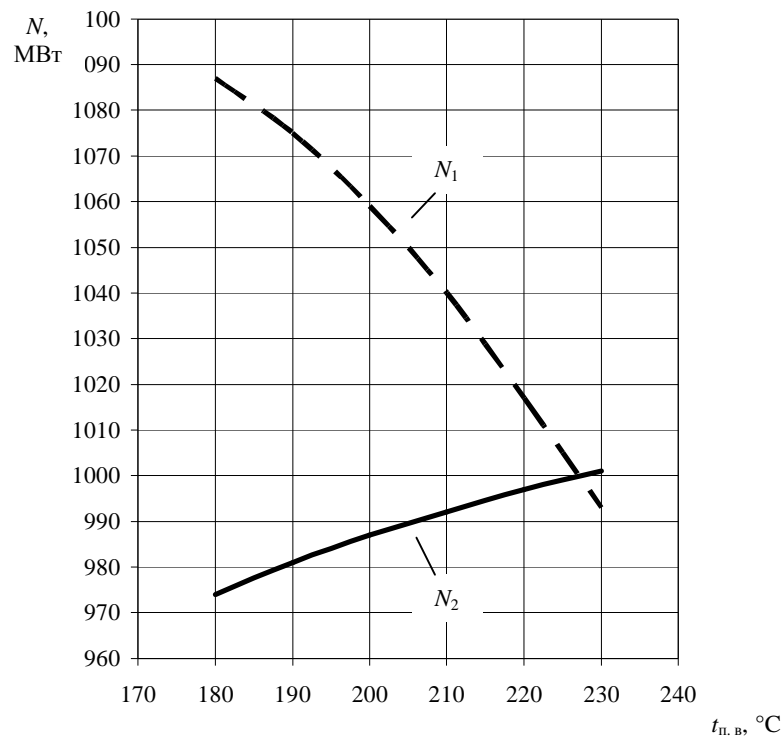


Рисунок 3. Вплив температури поживної води $t_{п.в.}$ на електричну потужність енергоблоків АЕС з ВВЕР-1000 і турбоустановкою К-1000-60/1500:

N_1 –----- –змінювання електричної потужності енергоблоків при перемінній тепловій потужності реактора; N_2 – ——— – змінювання електричної потужності енергоблоків при постійній тепловій потужності реактора

Виводи. Приведені приклади доводять, що застосування методів математичного моделювання визначення надійності і оптимізації параметрів технологічних процесів в теплоенергетичному устаткуванні АЕС є необхідним і актуальним для вирішення задач контролю і автоматизованого управління складними теплоенергетичними системами.

Надійшла до редколегії 00.00.08

О. В. ДОРОХОВ, канд. техн. наук, ХНЕУ (Харків),
Д. АНТОВ, PhD, TTU (Таллінн, Естонія)

ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ ПОКРАЩАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Розглянуто можливості використання засобів та мереж мобільного зв'язку для покращання транспортного обслуговування. Наведено та проаналізовано відповідну постановку завдань та практичний досвід вирішення питань паркування та оплати перевезень в умовах великого міста. Визначено особливості застосування такого підходу з урахуванням соціально-економічних умов, що склалися в Україні.

Рассмотрены возможности использования средств и сетей мобильной связи для совершенствования транспортного обслуживания. Приведена и проанализирована соответствующая постановка задач и практический опыт решения вопросов парковки и оплаты перевозок в условиях крупного города. Определены особенности применения такого подхода с учетом социально-экономических условий, которые сложились в Украине

Usage opportunities of mobile communication means and networks for perfection of transport service are considered. Corresponding statement of problems and practical experience for the decision of parking problems and payment of transportations in conditions of large city is resulted and analyzed. Features of application of such approach in view of social and economic conditions which have developed in Ukraine are certain.

Вступ. Вдосконалення транспортного забезпечення потреб економіки України, а також надання транспортних послуг населенню з огляду на підвищення вартості палива, значне екологічне забруднення навколишнього середовища, інфраструктурні труднощі розвитку великих промислових центрів стає надзвичайно важливим та складним завданням.

Серед засобів його вирішення значне місце займають сучасні інформаційні та телекомунікаційні технології [1, 2].

Формулювання проблеми. В умовах поширення мобільного зв'язку та мережних технологій з'являється можливість та постає завдання їх ефективного використання для розв'язання в режимі реального часу складних динамічних задач як організації дорожнього руху, так і вантажного й пасажирського транспортного обслуговування, зокрема, організації паркування транспортних засобів та оплати проїзду на міському громадському транспорті [2, 3].

Вирішення проблеми. Розглянемо модель організації мобільної оплати транспортних послуг як таку, впровадження якої не потребує значних матеріальних вкладень, значною мірою є забезпеченою вже існуючими технічними, кадровими, програмними ресурсами, може бути реалізованою за відносно стислий проміжок часу, дати значний соціально-економічний ефект.

Можливості, особливості, переваги та складові пропонованої моделі для мобільної оплати транспортних послуг розглянемо на прикладі оплати міських пасажирських перевезень на громадському транспорті.

Схема взаємодієнь суб'єктів моделі та взаємозв'язків між ними наведена на рис. 1.

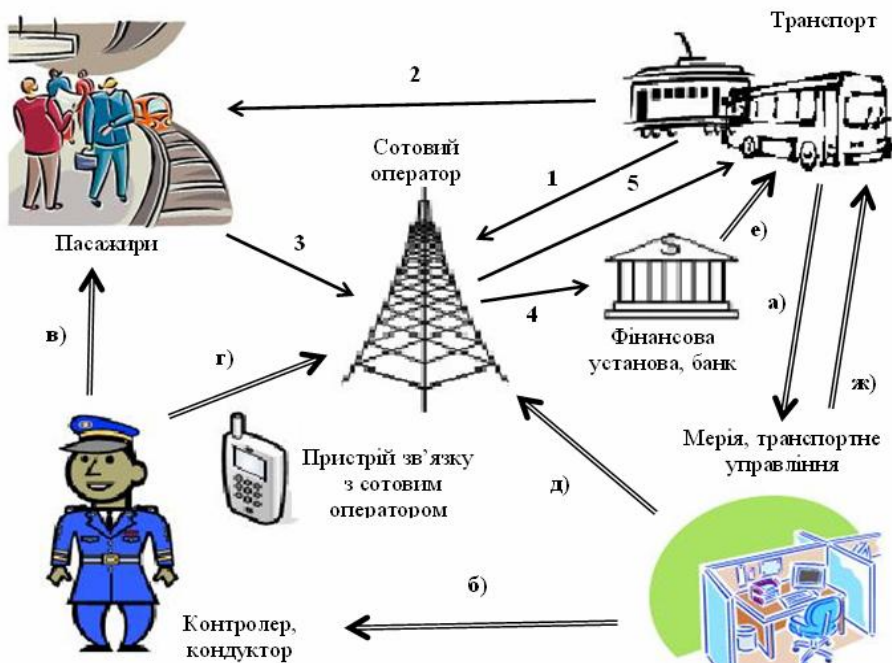


Рисунок 1. Модель мобільної оплати транспортних послуг

На цій схемі представлена послідовність взаємодії, яку відбиває нумерація направлених стрілок, згідно якої виконуються певні дії, а саме:

- 1) визначаються типи квитків, норми оплати;
 - 2) встановлюється та налагоджується система верифікації електронних підписів користувачів;
 - 3) використовуються мобільні квитки;
 - 4) здійснюється прямий електронний переказ оплати з рахунку платника (пасажира) засобами мобільного банкінгу;
 - 5) отримується та накопичується статистика.
- Функціонально взаємодія складається з:
- а) делегування управління оплатою перевезень;
 - б) забезпечення контролерів та кондукторів засобами контролю, забезпечення їх функціонування;

- в) перевірка квитків, накладання штрафів;
- г) контроль оплати та отримання штрафів;
- д) загальний контроль роботи системи;
- е) перерахування оплати перевізнику;
- ж) контроль надходжень оплати за перевезення.

Всім учасникам транспортного обслуговування (виробничим підприємствам, корпоративним клієнтам, населенню, міській адміністрації, сотовим операторам) пропонована модель дає відчутні переваги.

Транспортники отримують регулярну, повну, своєчасну оплату за перевезення; збільшуються їх прибутки, зменшуються витрати на організацію оплати, контроль проїзду, покращуються фінансово-економічні можливості й показники, підвищується якість обслуговування.

Корпоративні клієнти зменшують адміністративні витрати, покращують контроль і управління затратами на перевезення власного персоналу.

Населення отримує зручності, економію часу оплати, можливості користування знижками та пільгами, набуває досвіду користування сучасними інформаційними технологіями.

Міська влада вирішує питання контролю та обліку платежів та надходжень до бюджету, зменшує готівковий обіг, покращує соціальні складові транспортного забезпечення населення.

Мобільні оператори розширюють ринок власних послуг, здобувають джерело постійних прибутків та, водночас, задовольняють соціально та суспільно важливу послугу для споживачів.

Мобільне паркування транспорту. В умовах стрімкого зростання кількості транспортних засобів в великих мегаполісах проблема паркування набуває особливої гостроти. При цьому, поряд з завданнями розширення, вдосконалення, розвитку відповідної інфраструктури, існує проблема раціональної організації оплати за паркування, яка б забезпечувала зручність користування населенням, виключення зловживань та приховувань доходів шляхом автоматизації обліку та оплати за паркування.

Рішенням є використання інформаційних технологій, зокрема, мобільного паркування. Схема, що пояснює механізм оплати паркування засобами мобільного зв'язку, наведена на рис. 2.

Початок та закінчення часу паркування визначаються SMS-повідомленнями визначеної форми на відповідні короткі номери операторів.

Зони паркування (географічний район міста, який визначається сотовим оператором самостійно) можуть тарифікуватися за різною вартістю паркування, при цьому є можливість автоматичного врахування терміну паркування, дня тижня, часу доби, пільг для паркування службового, спеціалізованого транспорту в певних районах міста, пільг для автомобілів інвалідів тощо. Контроль за паркуванням здійснюється також засобами мобільного зв'язку та за допомогою спеціальних терміналів співробітниками-контролерами без участі власників транспортних засобів та відокремлено від

оплати за паркування. Пропонований підхід не потребує значних коштів, базується на наявній техніці як у операторів мобільного зв'язку, так і у населення, а тому може бути швидко та ефективно впроваджений.



Рисунок 2. Початок (зліва) та закінчення (справа) мобільного паркування

Особливості практичного застосування. Викладені підходи в умовах України не потребують значних витрат на обладнання, програмне забезпечення, підготовку спеціалістів тощо. Основними завданнями їх впровадження є підготовка суспільної думки, формування належної мотивації споживачів, спрямованої на свідому оплату транспортних послуг для їх покращання, налагодження роботи транспорту, а також підготовка та прийняття потрібних юридично-правових норм. Однак це єдиний шлях досягнення європейського рівня впровадження інформаційних технологій, інтеграції України в систему загальноєвропейських стандартів та цінностей.

Висновки. Таким чином представлено сучасні підходи до використання інформаційних технологій, зокрема, засобів та мереж мобільного зв'язку, для вирішення актуальних, соціально-спрямованих завдань покращання функціонування транспорту та обслуговування населення. Обґрунтовано доцільність, можливість та особливості їх впровадження в умовах розвитку України на шляху загальноєвропейської інтеграції.

Список літератури: 1. Кутах А.П., Ревенко В.Л. Новые информационные технологии, как фактор улучшения транспортного обслуживания // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. - Луганськ, 2002. - № 7. - С. 7-17. 2. Самсонкин В.Н., Гудков А.М. Информационный подход к повышению качества обслуживания пассажиров на транспорте // Автомоб. трансп.: Сб. науч. тр. - Х., - 2000. - Вып. 4. - С. 66-68. 3. Мишарин А.С. Информационные технологии – главное условие совершенствования отрасли // Автомоб. трансп.: Сб. науч. тр. - Х., 2003. - Вып. 12. - С. 62-67.

Надійшла до редколегії 15.05.08

УДК 368.022

Є.В. ДІДЕНКО, к.е.н., доцент Харківського національного університету радіоелектроніки

ПРО ЙМОВІРНІСНУ ЗМІННУ ТАРИФА У СТРАХУВАННІ ЖИТТЯ

В статті розглянуті питання вдосконалення системи показників, які використовуються у тарифікації страхових послуг зі страхування життя. Пропонується оперування вартісними змінними у визначенні ймовірнісних характеристик, які застосовуються у тарифікації страхових послуг.

В статье рассмотрены вопросы усовершенствования системы показателей, которые используются при тарификации страховых услуг в страховании жизни. Предлагается оперирование стоимостными переменными при определении вероятностных характеристик, используемых при тарификации страховых услуг.

In article questions of improvement of system of parameters which are used at tariffing insurance services in life insurance are considered. Operating by cost variables is offered at definition of the likelihood characteristics used in tariffing of insurance services.

Постановка проблеми. В цей час існує різноманіття методик тарифікації страхових послуг зі страхування життя які використовують прямі і опосередковані методи здійснення фінансових розрахунків. Система показників, яка застосовується у тарифікації страхових послуг, в цілому спроможна врівноважити фінансові стосунки з приводу передачі-отримання ризику, але досі залишається неврегульованою низка питань щодо ігнорування економічної, не демографічної природи розрахункових показників що викликає необхідність обговорення змісту ймовірнісних змінних, які використовуються у актуарних розрахунках. Це пов'язано з постійним удосконаленням методичної бази здійснення розрахунків страхових тарифів, необхідністю пристосування до вимог споживача страхових послуг, а також внутрішньою конкуренцією на ринку страхових послуг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання удосконалення базових методик тарифікації для масових видів страхування життя є актуальними в світі впровадження нових підходів до розуміння змісту ризиків страхування життя. Проблема полягає у тому, що на зміну традиційним методикам розрахунків, які ґрунтувались на демографічній статистиці приходять ті, які спираються на динаміку грошових потоків страхової компанії. На сьогодні більшість вітчизняних і закордонних вчених у фінансовому обґрунтуванні відносин між суб'єктами страхових відносин використовують різні змінні, які характеризують ризики страхування життя, дивись [1-6].

Для країн, у яких хід основних економічних процесів набув характеру сталого розвитку математичне планування розмірів страхових тарифів, яке

засновано на сталій демографічній статистиці дає значиме наближення до оптимального розрахункового результату, але демографічна статистика в Україні в силу радикальних інституціональних перетворень має низку суттєвих вад, які впливають на якість тарифікації страхових послуг, тому до питань, пов'язаних з відсутністю перевірки потужності критеріїв, які використовуються у розрахунках, перевірки вихідних даних на наявність асиметрії та ексцесу (які невластиві масовим явищам), слід звернути увагу на базові положення математичного планування тарифікації.

Формулювання цілей статті. Постановка питання обумовлена дією декількох завдань, які підлягають вирішенню, а саме:

- необхідністю фінансового обґрунтування умов страхування життя за окремим видом страхування;
- необхідністю контролю фінансової обґрунтованості розрахунків за цим видом страхування;
- необхідністю узгодження понятійного апарату у страховій справі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цю роботу присвячено економічному змісту складової ануїтету, яка обліковує ймовірність настання страхового випадку. Більшість актуаріїв ймовірність настання страхового випадку розраховує шляхом віднесення кількості об'єктів, які постраждали внаслідок страхових подій до їх загальної кількості. Це співвідношення викликало розгляд двох взаємопов'язаних проблемних питань:

По-перше, у визначенні грошової плати за утримання ризику актуарії використовують ймовірність настання страхових випадків обчислюючи її за визначенням страхового ризику [7], як функції кількості певних подій, на випадок яких проводиться страхування і які мають ознаки ймовірності та випадковості настання, а не грошової оцінки наслідків останніх для страховиків, страхувальників та інших зацікавлених осіб. Страховий тариф і відповідна грошова оцінка плати за утримання ризику стають функцією кількості страхових подій з об'єктами страхування, а не функцією фінансових втрат від страхових подій. Пропонуємо страховий тариф, і далі розмір грошової плати за утримання ризику у страхуванні життя, обчислювати виходячи з розуміння вартісного, не демографічного змісту страхової послуги. У цьому випадку відшкодуванню підлягатиме не функція від кількості подій, а функція від суми грошової оцінки ризиків на що власне і вказують визначення страхового ризику та страхового випадку [7]), тобто страховий тариф слід поставити у відповідність до ймовірності втрати частини вартості об'єктів страхування (далі за текстом ймовірності втрати вартості об'єктів). Тоді, зв'язок між грошовою оцінкою плати за утримання ризику і грошовою оцінкою втрат величин вартостей об'єктів страхування стає більш очевидним, ніж у випадку її зв'язування з кількісною демографічною оцінкою. У зв'язку з тим, що набір вихідних даних щодо значень вартостей об'єктів страхування і страхових втрат по цим об'єктам завжди є не безкінечним, на практиці під ймовірністю втрати вартості об'єктів доцільно прийняти число, яке дорівнює

частоті втрат і є об'єктивною мірою можливості втрати частини вартості об'єктів страхування внаслідок страхових подій. У припущенні відповідності страхових сум вартісним оцінкам об'єктів страхування частість втрат розраховується шляхом відношення страхових втрат (суми сплачених страхових відшкодувань) до страхових сум всіх об'єктів, які постраждали внаслідок страхових подій. За відсутності останнього припущення розрахунок дає значення частоті втрат застрахованих частин вартості об'єктів страхування. Прозорість фінансових взаємовідносин страховика і страхувальника за означеним напрямком удосконалення методики тарифікації очевидна.

По-друге, не останню роль у визначенні розміру страхового тарифу грає визначення суми страховки, яку взято у розрахунок. Дійсно базою кількісного обґрунтування взаємовідносин між страховиком і страхувальником має бути вартісна оцінка об'єктів страхування, які постраждали внаслідок страхових подій, взагалі, і сума страховки об'єктів, зокрема. Але, якщо на протязі досліджуваного періоду значення страхових сум вагомо розкидані, то постає питання еталонного розміру страхової суми, який мусить бути застосованим у актуарному обґрунтуванні. Пропонуємо у випадках можливості підбору виду залежності, яка спроможна охарактеризувати зміну розміру страхових сум у часі приймати за еталонне значення розміру страхової суми підібране значення, а у випадках, коли останню встановити не вдається, застосовувати середньоарифметичний розмір страхових сум за досліджуваний період. Фінансову еквівалентність взаємовідносин страховика і страхувальника означений підхід до розрахунку розміру страхового тарифу не порушує.

Значення довірчих ймовірностей, гарантій безпеки, інших похідних розрахункових змінних, які використовуються у розрахунках залежать від прийнятих до уваги методів обчислення, тобто остаточне фінансове рішення щодо їх значень покладається на відповідальну особу.

Таким чином, в системі показників, які пропонуються до застосування при удосконаленні методик тарифікації страхових послуг зі страхування життя, ймовірність втрати вартості об'єктів страхування життя:

1. Відповідає основним логіко-статистичним принципам побудови відносних показників, а саме:

- абсолютні показники об'єктивно пов'язані у відносному, так як існує сенс їх порівняння;

- абсолютні показники розрізняються тільки видом признаку (час, кількість, вага тощо) або характером показника (фактичний, нормативний, плановий тощо);

- існують межі зміни значень показників.

2. Пов'язана з іншими показниками статистичною залежністю, так як ніякі арифметичні дії над величинами факторних ознак не приводять до величини результативного показника.

3. Ймовірність втрати вартості об'єктів страхування життя відрізняється від ймовірності настання страхових випадків за наведених ознак; рівня

виплат, який розраховується за цим видом страхування та інших, близьких за змістом розрахункових коефіцієнтів, які вживаються у актуарних розрахунках.

4. Актуарні розрахунки з використанням пропонуємих змінних потребують конкретизації вихідних даних, а саме:

- для виду страхування, значення тарифу за яким обґрунтовується вперше, в якості сум страхових виплат припустимо використання сум збитків по об'єктам цього виду страхування; в якості суми витрат на ведення страхової справи, припустимо використання нормативних обсягів витрат на утримання страхових сум споріднених видів страхування (планових, якщо започатковується діяльність страховика як юридичної особи); в якості страхових сум всіх об'єктів, які постраждали внаслідок страхових подій припустимо використання бар'єрної оцінки сум об'єктів страхування (планової страхової суми всіх об'єктів страхування за цим видом);

- для виду страхування, значення тарифу за яким коригується, в якості сум страхових виплат припустимо використання власних, або запозичених (відповідним чином відкоригованих), сум сплачених страхових відшкодувань по об'єктам цього виду страхування; в якості суми витрат на ведення страхової справи, припустимо використання фактичних обсягів витрат на утримання страхових сум об'єктів цього виду страхування (прогнозних, якщо діяльність страховика продовжується); в якості страхових сум всіх об'єктів, які постраждали внаслідок страхових подій припустимо використання власних, або запозичених (відповідним чином відкоригованих), оцінки сум об'єктів страхування (прогнозної страхової суми всіх об'єктів страхування за цим видом, якщо діяльність страховика продовжується).

Висновки з даного дослідження. Як висновок слід зазначити наступне:

1. Фінансова обґрунтованість страхового тарифу є функцією багатьох чинників серед яких ключова роль належить чинникам понятійного апарату, які перекладено мовою математичних рівнянь.

2. Результати розрахунку розміру страхових тарифів значною мірою залежать від кола вихідних показників і методики оперування значеннями останніх, яка застосовується у фінансових розрахунках.

3. В практиці актуарної роботи з фінансовими коефіцієнтами слід враховувати економічну природу страхових відносин у розрахунках вартісних характеристик страхових ризиків.

Список літератури: 1. *Адамчук Н. Г.* Экономические основы страхования жизни // Страховое дело. 2001. №11.- С.33-45. 2. *Матвеев О.В.* Некоторые математические модели определения оптимальной величины страховой премии // Страховое дело. 2001. №11.- С.48-50. 3. *Жигалкин М. Ю.* Разработка системы тарификации при наличии категориальных рейтинговых факторов // Страховое дело. 2005. №3.- С.39-49. 4. *Никулина Н.Н., Березина С.В.* Новая парадигма денежных потоков как объект управления финансовыми ресурсами страховщика // Страховое дело. 2007. №11.- С.7-13. 5. *Быков А.А.* О методологии оценки стоимости среднестатистической жизни человека жизни // Страховое дело. 2007. №3.- С.10-25. 6. *Головки А.Т., Денисенко М.П.* та

інші. Основи довгострокового страхування. – К.: Алерта, 2007.– 444с. 7. Закон України “Про страхування” №86/96-ВР від 07.03.1996 // Відомості Верховної Ради України. 1996. №18.- ст.78.

Поступила в редколлегию 30.05.08

УДК 681.3.07

В.А. ЛЮБЧЕНКО, канд. техн. наук, ХНУРЭ,
Е.В. ЯКОВЛЕВА, канд. техн. наук, ХНУРЭ,
Е.О. ПЕРЕДРИЙ, аспирант, ХНУРЭ

НОРМАЛИЗАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРОЕКТИВНО ИСКАЖЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Досліджено особливості афінних та проєктивних перетворень. Розроблено математичну модель критерію ідентифікації проєктивної групи перетворень для систем технічного зору. На базі запропонованого критерію побудовано алгоритм компенсації перспективних перетворень на проєктивно перетворених зображеннях, що значно полегшує подальшу нормалізацію, тому що зображення залишається під дією тільки афінної групи перетворень.

Исследованы особенности аффинных и проетивных преобразований. Разработана математическая модель критерия идентификации проетивной группы преобразований для систем технического зрения. На базе предложенного критерия построен алгоритм компенсации перспективных преобразований на проеक्टивно искаженных изображениях, что значительно облегчает дальнейшую нормализацию, т.к. изображение остается под действием только аффинной группы преобразований.

The features of the affine and projective transformations are investigated. Mathematical model of the authentication criterion of the projective transformation group is developed for the computer vision systems. An algorithm of the perspective transformations indemnification on the projective distorted images is built on the base of the offered criterion, which is considerably simplifies further normalization, since image remains only under an action of the affine group of transformations.

Введение. Задачам обработки и анализа изображений уделяется все большее внимание. В основном, благодаря колоссальным темпам развития вычислительной техники, разрабатываются новые модели и методы обработки изображений, позволяющие решать более сложные практические задачи. Распознавание чаще всего это конечный этап обработки изображений, лежащий в основе процессов интерпретации и понимания. Входными для распознавания являются изображения, выделенные в результате сегментации. Для реальных задач распознавания применяются различные методы, среди которых являются наиболее распространенными: корреляционные, признаковые, синтаксические и методы нормализации. [1] Суть нормализации заключается в автоматическом вычислении неизвестных параметров преобразований, которым подвергнуты входные изображения, и

последующим приведением их к эталонному виду. Под преобразованиями понимаются как геометрические, так и яркостные изменения. Каждое нормализованное изображение находится значительно ближе к своему эталону, что значительно сокращает время решения задачи распознавания.

На данном этапе наиболее распространен теоретико-групповой подход для описания моделей геометрических искажений. Наиболее сложной является ситуация когда геометрические искажения относятся к проективной группе. Предлагаемая работа посвящена разработке критерия присутствия на изображении проективных искажений и исследованию возможности их нормализации.

1. Математические модели преобразований. В СТЗ для более адекватного и полного описания модели трехмерного объекта на двумерном снимке, используется проективная модель восприятия, которая представима в виде:

$$B_0(x, y) = B \left(\frac{b_{11}x + b_{12}y + b_{13}}{b_{31}x + b_{32}y + 1}, \frac{b_{21}x + b_{22}y + b_{23}}{b_{31}x + b_{32}y + 1} \right), \quad (1)$$

где $\Pi = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & 1 \end{pmatrix}$, $\det(\Pi) \neq 0$, b_{ij} ($i, j = \overline{1,3}$) – параметры проективного преобразования, а B, B_0 – входное и эталонное изображения.

Однако из-за многопараметричности и нелинейности такой модели восприятия, а также сложности определения всех параметров при нормализации, переходят к более простой модели зрения – аффинной, характеризующейся 6 параметрами, которая имеет вид:

$$B_0(x, y) = B(a_{11}x + a_{12}y + a_{13}, a_{21}x + a_{22}y + a_{23}), \quad (2)$$

матрица преобразования которой: $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$, $\det|A| \neq 0$, где a_{ij} –

параметры аффинного преобразования ($i = 1, 2, j = \overline{1,3}$).

Известно [2], что проективное преобразование вида (1) можно представить в виде композиции аффинной группы и перспективы:

$$\Pi = A \cdot P_a(h), \quad (3)$$

где A – аффинное преобразование; $P_a(h)$ – перспектива вдоль прямой с углом наклона равным a .

Вопрос нормализации аффинной группы и ее подгрупп достаточно изучен и имеет ряд решений. Вопрос же нормализации проективных преобразований не достаточно изучен. Однако, из (3) следует, что если известны параметры преобразования перспективы $P_a(h)$, можно свести проективно искаженное изображение к аффинно искаженному.

Для определения параметров $P_a(h)$ рассмотрим вначале однопараметрическое преобразование

Рассмотрим однопараметрические преобразования перспективы вдоль осей OX и OY , которым соответствуют следующие матрицы преобразования:

$$P_x(l) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ l & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad P_y(m) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & m & 1 \end{pmatrix},$$

где l, m – параметр перспективы вдоль осей абсцисс и ординат соответственно.

Очевидно, что перспективу вдоль прямой с углом наклона a , можно представить в виде композиции следующих преобразований:

$$P_a(h) = U(a)P_y(h)U(-a) = U(a-90)P_x(h)U(90-a) = P_x(h_1)P_y(h_2) = P_y(h_2)P_x(h_1) \quad (4)$$

где U – преобразование поворота, а $h = tg b$, где b – угол между плоскостью преобразования и осью наблюдения. Отметим, что $P_{90}(h) = P_x(h)$, а $P_0(h) = P_y(h)$.

Тогда матрица преобразования $P_a(h)$ представима в виде:

$$P_a(h) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ h \sin(a) & h \cos(a) & 1 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Рассмотрим основные свойства преобразований (1) и (4)

Известно, что аффинная группа линейная и все точки при аффинных преобразованиях трансформируются с одинаковым коэффициентом сжатия, равным:

$$|\det A| = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}. \quad (6)$$

Откуда видно, что $|\det A|$ не зависит от x и y .

Рассмотрим, какое влияние на изображение оказывает преобразование перспективы.

2. Анализ свойств преобразований перспективы. Изучим характер изменения распределения энергии изображения при преобразовании перспективы. Для этого установим, как отображается каждая точка изображения при преобразовании перспективы вида:

$$B_0(x, y) = B\left(\frac{x}{h_1x + h_2y + 1}, \frac{y}{h_1x + h_2y + 1}\right), \quad (7)$$

где $h_1 = h \cos a$, $h_2 = h \sin a$ – параметры преобразования;

B , B_0 – входное и эталонное изображения соответственно.

Пусть $dP = \frac{D(X, Y)}{D(x, y)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial X}{\partial x} & \frac{\partial X}{\partial y} \\ \frac{\partial Y}{\partial x} & \frac{\partial Y}{\partial y} \end{vmatrix}$. Известно [3], что $\det(dP)$ дает информацию

о преобразовании каждой точки изображения, а $|\det(dP)|$ представляет коэффициент сжатия этой точки. Поскольку

$$\frac{\partial X}{\partial x} = \frac{1 + h_2y}{(h_1x + h_2y + 1)^2}; \quad \frac{\partial X}{\partial y} = \frac{-h_2x}{(h_1x + h_2y + 1)^2};$$

$$\frac{\partial Y}{\partial x} = \frac{-h_1y}{(h_1x + h_2y + 1)^2}; \quad \frac{\partial Y}{\partial y} = \frac{1 + h_1x}{(h_1x + h_2y + 1)^2},$$

то

$$\det(dP) = \frac{1}{(h_1x + h_2y + 1)^3}. \quad (8)$$

Тогда, из выражения (5) следует, что если входное B и эталонное B_0 изображения отличаются только преобразованием перспективы вида (7), которая не выводит изображение за пределы поля зрения D , то энергия этих изображений имеет зависимость:

$$\iint_D B(x, y) dx dy = \iint_D \frac{B_0(x, y) dx dy}{|(h_1x + h_2y + 1)^3|} \quad (9)$$

3. Построение математической модели критерия идентификации проективных преобразований и алгоритма нормализации. Исходя из того,

что $|\det \Pi| = |\det A| |\det P_a|$ (10), и $|\det A|$ не зависит от x и y , а $|\det P_a|$ – зависит от них, можно определить критерий присутствия проективных преобразований.

Если $|\det P_a| = 1$, то преобразования перспективы отсутствуют и из (3) можно сказать, что на изображении присутствуют только аффинные преобразования.

Рассмотрим для входного и искаженного изображения следующее отношение $\frac{E_B}{S}$, где $E_B = \iint_D B(x, y) dx dy$ – энергия изображения $B(x, y)$, а $S = \iint_D \text{sign}(B(x, y)) dx dy$ – площадь изображения $B(x, y)$. Аналогично можно определить энергию и площадь эталонного изображения $B_0(x, y)$ соответственно как $E_{B_0} = \iint_D B_0(x, y) dx dy$ и $S_0 = \iint_D \text{sign}(B_0(x, y)) dx dy$.

Пусть $B_0(x, y)$ – точка эталонного изображения, $B(x, y)$ – образ точки $B_0(x, y)$ при преобразовании (2). Тогда точка $B_0(x, y)$ вместе со своей бесконечно малой окрестностью связана со своим образом соотношением в рамках аффинной модели:

$$B(x, y) = |\det A| B_0(x, y).$$

Проинтегрируем по всей области, в которой находится рассматриваемое изображение. В результате получим функциональную зависимость энергий входного и эталонного изображений:

$$\iint_D B(x, y) dx dy = \iint_D |\det A| B_0(x, y) dx dy,$$

т.к. $|\det A| = z$ и не зависит от x и y , то $|\det A|$ можно вынести за интеграл и получим:

$$\iint_D B(x, y) dx dy = |\det A| \iint_D B_0(x, y) dx dy.$$

Подставив полученные результаты в отношение, получим:

$$\frac{E_B}{S} = \frac{|\det A| \iint_D B_0(x, y) dx dy}{|\det A| \iint_D \text{sign}(B_0(x, y)) dx dy} = \frac{\iint_D B_0(x, y) dx dy}{\iint_D \text{sign}(B_0(x, y)) dx dy}.$$

Видно, что для аффинных преобразований выполняется условие:

$$\frac{E_B}{S} = \frac{E_{B_0}}{S_0}. \quad (11)$$

Действуя по аналогии, исходя из (9) получим выражения для преобразования перспективы:

$$\frac{E_B}{S} = \frac{\iint |\det P_a| B_0(x, y) dx dy}{\iint |\det P_a| \text{sign}(B_0(x, y)) dx dy},$$

$$\frac{E_{B_0}}{S_0} = \frac{\iint B_0(x, y) dx dy}{\iint \text{sign}(B_0(x, y)) dx dy},$$

откуда можно сделать вывод, что для преобразования перспективы:

$$\frac{E_B}{S} \neq \frac{E_{B_0}}{S_0}. \quad (12)$$

Т.о. исследовав свойства аффинных и проективных преобразований, на основе (3), (10), (11), (12) можно предложить критерий присутствия проективных преобразований. На основании того, что перспектива, в отличие от аффинных преобразований, вносит изменение в перераспределение энергии на изображении, построим функционал вида:

$$\Phi_1 = \frac{S}{E_B} - \frac{S_0}{E_{B_0}}, \quad (13)$$

где $E_B = \iint_D B(x, y) dx dy$ и $E_{B_0} = \iint_D B_0(x, y) dx dy$ – энергия изображения $B(x, y)$ и $B_0(x, y)$ соответственно;

S и S_0 – площадь изображения $B(x, y)$ и $B_0(x, y)$ соответственно.

Исходя из (9), для нормализации преобразований целесообразно будет ввести также функционал Φ_2 вида:

$$\Phi_2 = \iint_D B(x, y) dx dy - \iint_D \frac{B_0(x, y) dx dy}{\left[(h_1 x + h_2 y + 1)^3 \right]}. \quad (14)$$

Исходя из описанных свойств аффинной и проективной группы сформулируем критерий присутствия на изображении проективных искажений. Если величина функционала Φ_1 или Φ_2 равна нулю, то изображение относится к аффинной группе, иначе к проективной группе.

На основании предложенного критерия можно предложить процедуру нормализации проективных преобразований, которая заключается в многократном выполнении преобразования перспективы с некоторым шагом с вычислением функционала (13) или (14). Преобразования продолжаются до тех пор, пока функционал не будет равен нулю. Этот принцип осуществления нормализации соответствует принципу построения нормализатора следящего типа.

Исходя из того, что проективная группа представляется в виде композиции аффинного и перспективного преобразования, не влияющего на параметры аффинного, в свою очередь перспективное преобразование представляется в виде композиции коммутативных преобразований однопараметрической перспективы вдоль осей OX и OY , то:

$$\Pi = AP_a(h) = AP_x(h_1)P_y(h_2) = AP_y(h_2)P_x(h_1).$$

Т.о. мы можем найти параметры перспективы корреляционным методом по двум параметрам, после чего перейти к новому изображению, которое отличается от эталонного изображения только аффинным преобразованием.

Приведем алгоритм нормализации преобразований перспективы.

Алгоритм:

1. Задаем первоначальное значение для h_1, h_2 .
2. Вычисляем функционал (13) или (14).
3. Если он не равен нулю, то увеличиваем один из параметров h_1, h_2 на некоторую величину Δh и переходим к п.1, иначе h_1, h_2 являются искомым значением.
4. Нормализуем изображение, используя матрицу преобразования (5).

На практике условие равенства нулю вычисляемых функционалов из-за погрешности вычислений заменяют на условие $|\Phi| < \epsilon$, где ϵ – некоторое малое $\epsilon > 0$.

4 Экспериментальные исследования. Целью экспериментальных исследований является проверка устойчивости критерия, а также установление значения ϵ для эффективной работы критерия. Критерий состоит в том, чтобы на начальном этапе определить к какой группе преобразований относится искажение изображения. Также существует возможность установить некоторую априорную информацию (в частности, пределы допустимых значений параметров преобразований) [4], что существенно повышает быстродействие алгоритмов. эталонное изображение объекта искажалось проективными преобразованиями, и с помощью алгоритмов находились параметры преобразования. Устойчивость критерия оценивалась сравнением заданных значений параметров с найденными.

Последовательность экспериментов состояла в следующем:

1. исследование области возможных значений преобразования при искажении изображений;
2. исследование интервала изменения критерия при аффинных и проективных преобразованиях;
3. установлении допустимых значений параметра для базовых преобразований аффинной группы и их комбинаций;
4. нормализация преобразования перспективы на проективно искаженных изображениях;
5. оценка точности критерия и полученных параметров нормализации.

Исследования проводились на цветных и полутонных изображениях различного размера. В табл. 1 приводятся полученные усредненные значения функционала (13).

Таблица 1

Исследование значений функционала (13)

Поворот		Масштаб			Косой сдвиг			Перспектива		
Угол поворота	Значение	По оси OX	По оси OY	Значение	По оси OX	По оси OY	Значение	По оси OX	По оси OY	Значение
-180	0,00000	0,5	0,1	0,000088	45	-45	0	0	-0,24	0,0021
-160	0,00001	0,5	0,3	0,000017	45	-35	0,0000002	-0,11	-0,2	0,0018
-140	0,00000	0,5	0,5	0,000010	45	-25	0,0000001	0,3	-0,15	0,0024
-120	0,00002	0,5	0,7	0,000009	45	-15	0,0000011	0,45	0	0,0020
-100	0,00000	0,5	0,9	0,000022	45	-5	0,0000009	-0,36	0,007	0,0012
-80	0,00005	0,5	1,1	0,000015	45	5	0,0000001	0,128	0,03	0,0015
-60	0,00002	0,5	1,3	0,000002	45	15	0,0000001	-0,02	0,034	0,0021
-40	0,00004	1	0,1	0,000083	45	25	0,0000004	0	0,041	0,0030
-20	0,00002	1	0,3	0,000017	45	35	0,0000008	0,07	0,08	0,0013
0	0,00000	1	0,5	0,000017	5	-45	0,0000001	0,016	0,104	0,0031
20	0,00000	1	0,7	0,000008	5	-35	0,0000018	0,24	0,29	0,0014
40	0,00001	1	0,9	0,000021	5	-25	0,0000009	0,00015	0,00015	0,00009
60	0,00000	1	1,1	0,000017	5	-15	0,0000003	0,0003	0,0003	0,00017
80	0,00002	1	1,3	0,000004	5	-5	0,0000008	0,00045	0,00045	0,00028
100	0,00008	1,4	0,1	0,000091	5	5	0,0000002	0,0006	0,0006	0,00038
120	0,00001	1,4	0,3	0,000019	5	15	0,0000005	0,00075	0,00075	0,00048
140	0,00002	1,4	0,5	0,000013	5	25	0,0000001	0,0009	0,0009	0,00061
160	0,00001	1,4	0,7	0,000010	5	35	0,0000004	0,00105	0,00105	0,00073
180	0,00001	1,4	0,9	0,000024	5	45	0,0000002	0,0012	0,0012	0,00086

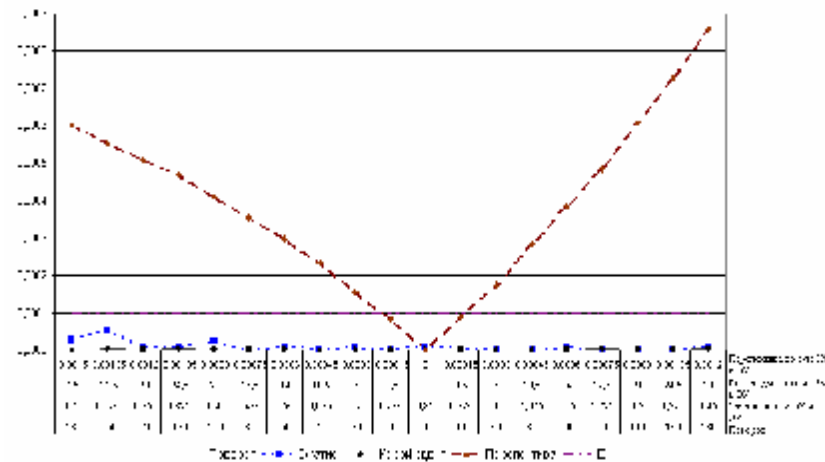
Для эталонных изображений были построены графики распределения отношения энергии изображения к его площади в условиях действия следующих преобразований: поворота, масштаба, косого сдвига и

перспективы. На рисунке приведен совмещенный график усредненных значений функционала (13) с целью их исследования и установления порогового значения ϵ .

Проанализировав результаты экспериментов, установили, что пороговое значение функционала (13) для изображений 500x500 в среднем можно установить равным $\epsilon = 0,0001$. Это позволяет нам определить, к какой группе относится изображение. Если модуль функционала меньше установленного значения, то изображение относится к аффинной группе, если больше либо равно, то к проективной.

Эксперименты показали, что чем больше размер изображения, тем значение ϵ меньше и для изображений примерно 2000x2000 может быть уменьшено в 10 раз, а для маленьких изображений порог ϵ для корректной работы критерия необходимо увеличивать из-за весомого вклада ошибки дискретизации при искажении изображений. Следует также отметить, что предложенный критерий не пригоден для определения группы преобразования для силуэтных изображений.

Исследовав график представленный на рисунке, а также усредненные значения, приведенные в таблице 1, можно определить интервалы, на которых можно точно вычислить значения параметров преобразования. Как видим при малых преобразованиях перспективы (примерно в интервале от -0,0003 до 0,0003) изменения изображения незначительны и точно определить вид преобразования не всегда возможно, т.к. искажения изображений схожи с искажениями, оказываемыми аффинными преобразованиями.



Совмещенный график для исследования значений критерия и установления порога

Для проверки эффективности предложенного критерия и алгоритма нормализации были проведены следующие эксперименты. На вход

подавались изображения, искаженные с известными параметрами. Эталонное изображение искажалось со всеми параметрами из заданного интервала. Искомому значению параметра соответствует минимальное значение функционала.

Для вычисления относительной погрешности используется формула:

$$\Delta = \left| \frac{|b^0| - |b|}{b^0} \right| \cdot 100\%, \quad (15)$$

где b^0 - значение параметра преобразования, идеально нормализующее искажение. Результаты исследования приведены в табл. 2

Таблица 2

Экспериментальные исследования определения параметра перспективы

Значение параметров перспективы	Вычисленные значения параметра перспективы	Относительные погрешности, %
0; 0.0012	0; 0.0013	0; 8,33
0; 0.0001	0; 0.000108	0; 8
0.0001; 0.0002	0.000113; 0.00019	13; 5
0.0001; 0.0004	0.000107; 0.0004	7; 0
0.0002; 0.0005	0.0002; 0.000512	0; 2,4
0.0003; 0.0006	0.000311; 0.000603	3,67; 0,5
0.0003; 0.0007	0.000304; 0.000721	1,33; 3
0.001; 0.0008	0.00108; 0.000802	8; 0,25
0.001; 0.0009	0.00103; 0.000913	3; 1,44
0.0005; 0.001	0.000545; 0.00104	9; 4

Выводы. Разработана математическая модель критерия идентификации проективной группы преобразований для систем технического зрения. Существует множество алгоритмов обработки изображения, в каждом случае используют разные методы. Критерий позволяет на начальном этапе определить, к какой группе преобразований относится изображение, что дает возможность автоматически выбрать алгоритм. В результате проведенных исследований экспериментально были установлены области возможных значений функционала и пороговое значение $\epsilon = 0,0001$ для изображений размера 500x500. Если величина функционала не превышает этого значения, значит, изображение относится к аффинной группе. Если превышает, то к проективной. Также предложен алгоритм нормализации для установления значения параметра перспективы, который позволяет свести проективные искажения изображения к аффинным, дальнейшую компенсацию которых можно произвести с помощью известных методов [1].

Список литературы: 1. Путьтин Е.П., Аверин С.И. Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение, 1990. – 320с.; 2. Любченко В.А., Путьтин Е.П. Математические модели зрительного восприятия и нормализации изображений // Проблемы бионики. – 2002. – №56. – С. 44-48; 3. Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике. – М.: Наука, 1973. – 640 с. 4. Любченко В.А., Путьтин Е.П. Математические модели нормализации перспективы // Проблемы бионики. – 2000. – №53. – С. 22-27.

Поступила в редколлегию 06.06.08

УДК 621.375.826+636.082.4

А. В. ЛЕВКИН, канд. техн. наук ХНТУСХ им. П. Василенко,
С. Н. КОВАЛЕНКО, ст. преподаватель ХНТУСХ им. П. Василенко,
Д. А. ЛЕВКИН, студент механико-математического факультета ХНУ
им. В.Н.Каразина

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛАЗЕРНОГО ДЕЛЕНИЯ ЭМБРИОНОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

На основе використання лазера на аргоні, що працює у видимій області спектру, запропонована апаратна реалізація методу лазерного ділення ранніх ембріонів у тваринництві. Обґрунтовано використання аргонного лазера безперервної дії з довжиною хвилі випромінювання 515 нм або 488 нм і регульованою потужністю в діапазоні 0–2 Вт з акустико-оптичним модулятором, який формує промінь лазера у вигляді імпульсів тривалістю 1 мс і менше; енергія імпульсів $\approx 0,002$ Дж.

На основе использования лазера на аргоне, работающего в видимой области спектра, предложена аппаратная реализация метода лазерного деления ранних эмбрионов в животноводстве. Обосновано применение аргонного лазера непрерывного действия с длиной волны излучения 515 нм или 488 нм и регулируемой мощностью в диапазоне 0–2 Вт с акустико-оптическим модулятором, пропускающим луч лазера в виде импульсов длительностью 1 мс и меньше; энергия импульсов $\approx 0,002$ Дж.

On the basis of the use of laser on an argon, working in a visible area spectrum, apparatus realization of method of laser division of early embryos is offered in a stock-raising. It is grounded, that in-use argon laser of continuous action with a wave-length radiation of 515 nm or 488 nm and managed power in a range 0–2 W with a acoustic-optical grid, allowing the ray of laser as impulses by duration 1 ms and less than, energy of impulses $\approx 0,002$ Dzh.

Введение. В настоящее время для повышения эффективности проведения микрохирургических манипуляций с различными микробиологическими объектами, к которым относятся и эмбрионы крупного рогатого скота, все большее внимание уделяется применению технических средств на основе лазерного воздействия на эти биообъекты.

Анализ публикаций. В работах [1 – 2] рассматривались вопросы анализа и синтеза систем, содержащих подвижные локальные источники физического поля. Задача моделирования лазерно-теплового воздействия на эмбрион решалась в работе [4]. Вопросам синтеза лазерных систем посвящены работы [5 – 7].

Цель настоящего исследования. Основной задачей является создание общего подхода к разработке специализированных лазерных систем, которые бы давали возможность повысить эффективность (по затратам времени, стерильности проведения деления и точности) решения соответствующих задач с ограничениями.

Концепция аппаратурной реализации лазерно-теплового воздействия на эмбрион. Количественная оценка основных физических параметров, характеризующих тепловое взаимодействие лазерного излучения с микробиологическими объектами, позволили определить структуру биотехнической системы лазерного деления эмбрионов в животноводстве [1 – 3]. Системе необходимо иметь в своем составе: источник лазерного излучения, коллимирующую оптику, поворотное зеркало, фокусирующую оптическую систему, инвертированный микроскоп, а также устройства, позволяющие улучшить качество деления (рис. 1).

Основным компонентом системы, в наибольшей степени влияющим на преимущества именно лазерного деления эмбрионов, является лазер. Проведенные оценки позволили выделить требования к используемым лазерам в технологическом процессе деления эмбрионов с точки зрения получения минимального количества поврежденных blastomeres [4]. К ним относятся: мощность, достаточная для деления эмбриона, работа в видимом спектре, возможность чрезвычайно тонкой фокусировки лазерного луча и точного дозирования энергии, максимально большое время работы до замены активного элемента, простота обслуживания и надежность работы, низкая стоимость.

Задача синтеза параметров лазерно-теплового воздействия состоит в определении допустимых значений основных параметров, которые возможно изменять при применении технических средств, обеспечивающих этот участок технологического процесса. К таким параметрам в первую очередь относятся: мощность лазерного воздействия и геометрические параметры лазерного источника [5].

Поскольку основным критерием качества лазерного деления эмбрионов является обеспечение жизнеспособности частей эмбрионов, то первостепенное значение имеет задача синтеза параметров технических средств по точности температурного режима. Содержательный смысл ее постановки состоит в следующем.

Необходимо из множества допустимых рабочих параметров технических средств найти такие, которые бы обеспечили технологический процесс

деления эмбриона и при этом создаваемое температурное поле в ближайших к месту деления точках не превышало бы наперед заданные значения, обеспечивая тем самым жизнеспособность частей эмбриона.

В качестве основных рабочих параметров возьмем мощность лазерного воздействия и геометрические параметры источника.

В общем случае температурное поле T зависит от этих параметров и представляется в виде:

$$T = T(x, y, z, t, P(x, y, z, t), x_1, y_1, z_1), \quad (1)$$

где x, y, z – пространственные координаты;

t – время;

P – мощность лазерного воздействия;

x_1, y_1, z_1 – наиболее характерные геометрические параметры источника, например, ширина, длина и глубина лазерного воздействия на эмбрион для случая технологии деления лазерным отрезком.

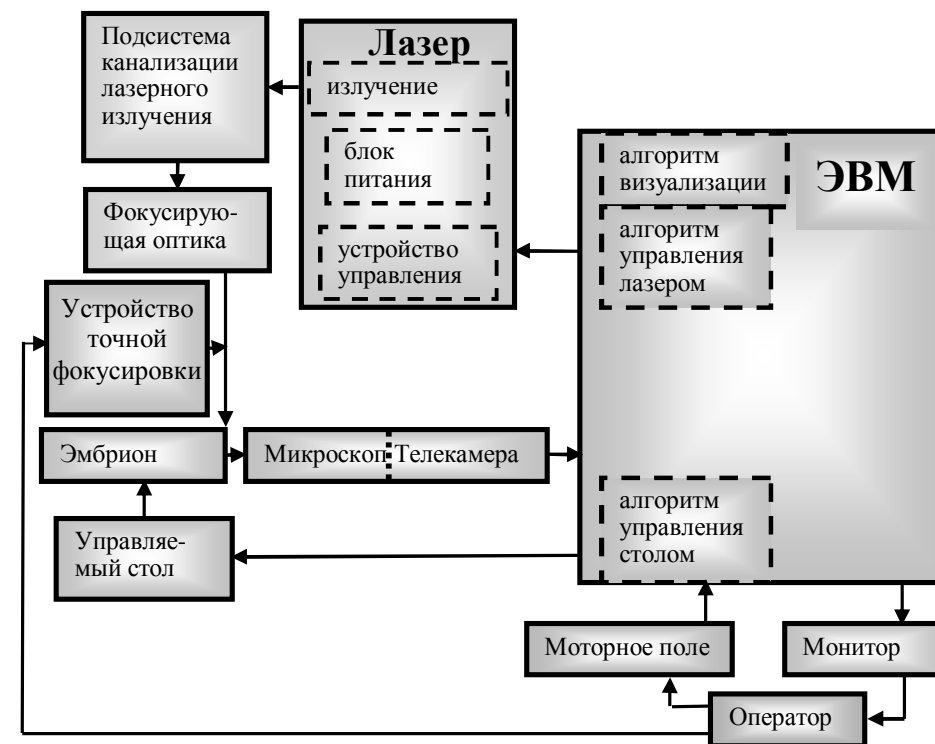


Рис. 1. Структурная схема биотехнической системы лазерного деления эмбрионов в животноводстве

В силу содержательной постановки задачи синтеза рабочих параметров, отмеченной выше, приходим к следующей системе нелинейных неравенств:

$$T[P(x, y, z, t), x_1, y_1, z_1, t] \leq T_j (j = \overline{1, m}; x = x^j; y = y^j; z = z^j; t = t^j), \quad (2)$$

$$P_{\min} \leq P(x, y, z, t) \leq P_{\max}, \quad (3)$$

$$x^* \leq x_1 \leq x^{**}, \quad (4)$$

$$y^* \leq y_1 \leq y^{**}, \quad (5)$$

$$z^* \leq z_1 \leq z^{**}, \quad (6)$$

где $T_j (j = \overline{1, m})$ – заданные допустимые значения температурного поля в точках $(x^j, y^j, z^j) (j = \overline{1, m})$ контроля температурного поля;

P_{\min}, P_{\max} – допустимая минимальная и максимальная мощность лазерного излучения, обусловленная применяемыми техническими средствами;

* ** – звездочкой обозначены соответственно минимальные и максимальные значения геометрических параметров носителя источника.

Ограничения (4) – (6) очень простые, и поиск рациональных параметров можно осуществить, например, методом дихотомии или золотого сечения. Кроме того, обеспечение локальности действия источника требует устремления этих параметров к минимально возможным значениям. Что же касается ограничений (2) – (3), то для их исследования необходимо предварительно найти в аналитическом виде решение соответствующей краевой задачи.

Рассмотрим в качестве примера определение мощности лазерного источника для технологии деления эмбриона лазерным пятном. Аналитическое выражение для определения температурного поля сферического тела радиуса R с импульсным источником радиуса r_0 , мощность которого равномерно распределена по носителю источника, можно представить в виде:

$$T(r, t) = \frac{2}{\pi r_0} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin\left(\frac{n\pi r}{R}\right) \left[\frac{R}{\pi n} \sin\left(\frac{n\pi r_0}{R}\right) - r_0 \cos\left(\frac{n\pi r_0}{R}\right) \right] \times \times \frac{g_0}{A_n} e^{-A_n(t-t_1)} (1 - e^{-A_n t_1}), \quad (7)$$

$$\text{где } A_n = \frac{a \cdot n^2 \cdot \pi^2}{R^2}.$$

Для значений теплопроводности $\alpha \approx 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, удельной теплоемкости

$c \approx 1,55 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, радиуса источника $r_0 \approx 4 \text{ мкм}$, радиуса эмбриона $R \approx 150 \text{ мкм}$,

числа членов ряда $n=500$, точки контроля температурного поля $r_1^* = r_0 + 0,1 r_0^*$ (где r_0^* – усредненный радиус бластомера), числа бластомеров $m=16$ проведены численные расчеты по определению мощности источника с учетом допустимой температуры $T_1^* = 49 \pm 0,3^\circ \text{C}$.

Для допустимой температуры $T_1^* = 49 \pm 0,3^\circ \text{C}$ соответствующее значение $P_0 = 2 \text{ Вт}$.

Расчеты рассеяния теплоты для $P_0 = 2 \text{ Вт}$ основаны на допущении, что теплопроводность эмбриона близка к теплопроводности воды. Так как эмбрион состоит на 80% из воды, то такое допущение является вполне приемлемым. В действительности такое допущение делается с запасом, т.к. наличие в составе эмбриона белков уменьшает теплопроводность. Следовательно, результирующие распределения температуры будут немного меньше рассчитанных. Пределы температур были экспериментально измерены в воде, основываясь на приведенных выше рассуждениях. При этом зона превышения допустимой температуры 49°C (зона повреждения) составляет $\approx 10 \text{ мкм}$. Это является допустимым значением для полноценного развития оставшихся частей эмбриона.

Отметим, что для обоснования возможных областей применения определенного лазера в медицине, биологии и ветеринарии, помимо теоретических и экспериментальных исследований важной предпосылкой является, по возможности более широкое знание спектральных характеристик поглощения различных биообъектов [6 – 8]. На этом основании можно подтвердить теоретические исследования для определенного типа биообъекта относительную эффективность существующих лазерных систем, а также до сих пор не применявшихся длин волн. Для этого используются методы оптической спектроскопии, с помощью которой регистрируются и исследуются спектры вращения, колебания и электронного возбуждения. С помощью одного фотометра, как правило, можно зарегистрировать спектры только в пределах одного или двух граничных диапазонов. Изображение зависимости интенсивности поглощения от частоты или длины волны определяется как спектр. Спектры поглощения (рис. 2) оболочки, перивителлированного пространства, бластомеров, входящие в состав эмбриона, регистрировались универсальным спектральным фотометром с микроскопом UMSP80 (фирма Zeiss). При изображении спектров по оси абсцисс откладывается, обычно, длина волны, по оси ординат при исследовании поглощения откладывают отношение ослабленного образца потока излучения к падающему потоку излучения.

Анализируя спектры (рис. 2), можно сделать вывод о применении лазеров с длинами волн излучения порядка 480-520 нм, которым соответствует аргоновые лазеры.

Выводы. Предложена аппаратная реализация метода лазерного деления ранних эмбрионов в животноводстве на основе использования лазера на аргоне, работающего в видимой области спектра. Обосновано использование лазера непрерывного действия, с длиной волны излучения 515 нм или 488 нм, с акустико-оптическим модулятором, формирующий луч лазера в виде импульсов длительностью 1 мс и меньше, с энергией импульсов $\approx 0,002$ Дж, расходом мощностью 0,9 мВт.

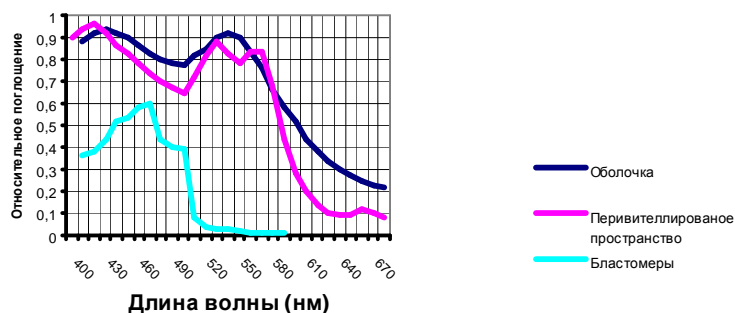


Рис. 2. Спектры поглощения оболочки, перивителлированного пространства, бластомеров, входящие в состав эмбриона

Список литературы: 1. А. с. Устройство для регулирования температурного поля: А. с. № 323872 СССР / Е. П. Чубаров, А. М. Суворов, Г. П. Катис (СССР). – Опубл. в бюл. "Открытия. Изобретения. Пром. образцы. Товарные знаки", 1972. № 1. – с. 212. 2. А. с. Устройство для управления процессом электронно-лучевого нагрева: А. с. СССР / Е. П. Чубаров, А. Г. Бутковский, С. А. Важнов (СССР). – А. с. Опубл. в бюл. "Открытия. Изобретения. Пром. образцы. Товарные знаки", 1975. № 31. – с. 170. 3. Левкин А. В. Біотехнологічні методи підвищення ефективності тваринництва в період реструктуризації // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Вип. 10, – Харків, 2002. – С. 240 – 242. 4. Левкин А. В. Модель и метод решения задачи оптимизации лазерного деления эмбриона // Системы обработки информации. – Вип. 5 (45), – Харків: Харківський університет повітряних сил, 2005. – С. 85 – 92. 5. Левкин А. В. Система лазерного деления ранних эмбрионов в животноводстве // Материалы XX юбилейной Международной научно – практической конференции "Применение лазеров в медицине и биологии". – Ялта, 2003. – С. 136 – 137. 6. Левкин А. В. Физиологическое действие лазера // Материалы XXII Международной научно – практической конференции "Применение лазеров в медицине и биологии". – Ялта, 2004. – С. 156 – 157. 7. Левкин А. В. Подсистема управления мощностью лазера в процессе деления ранних эмбрионов крупного рогатого скота // Материалы XXV Международной научно – практической конференции "Применение лазеров в медицине и биологии". – Луцк, 2006. – С. 135 – 136.

8. Левкин А. В., Мегель Ю. Е. Моделирование процессов взаимодействия лазерного излучения с микробиологическими объектами // Материалы III Международной научно – технической конференции "Методы представления и обработки случайных сигналов и полей". – Харьков: ХГТУРЭ. 1993. – С. 21 – 22.

Поступила в редколлегию 12.05.08

УДК 519.174.7

В. Ф. ПРОКОПЕНКОВ, Ю. Н. КОЖИН, О. Н. МАЛЫХ, канд. техн. наук

НОВЫЙ ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РАСКРАСКИ ГРАФА

У дискретній математиці відомі різні алгоритми розкрашення графів: точні, перебірні, евристичні. Недоліком точних та перебірних алгоритмів є те, що вони характеризуються неполіноміальною складністю від кількості вершин у графі. Евристичні потребують менших затрат часу, але не гарантують отримання оптимального рішення. В запропонованій статті надається новий евристичний алгоритм розкрашення графу, який має лінійну складність. Якість розкрашення досягається порядком обробки вершин, що вибирається.

В дискретной математике известны разные алгоритмы раскраски графов: точные, переборные, эвристические. Недостатком точных и переборных алгоритмов является то, что они характеризуются неполиномиальной сложностью от количества вершин в графе. Эвристические требуют меньших затрат времени, но не гарантируют получения оптимального решения. В предлагаемой статье описывается новый эвристический алгоритм раскраски графа, обладающий линейной сложностью. Качество окраски достигается выбираемым порядком обработки вершин.

The exact, searching and heuristic algorithms are known in discrete mathematics. Non polynomial computational complexity in relation to graph nodes quantity is the imperfection of exact and searching algorithms. The heuristic algorithms are need smallest time, but optimal solution isn't guaranteed. This article presents new graph paint heuristic algorithm with linear computational complexity. The paint quality is achieved by selected nodes processing order.

Введение. Многие вопросы логического проектирования сводятся к задаче о нахождении минимальной раскраски вершин графа или ее модификациям. Обычно они формулируются как задачи о разбиении данного множества на минимальное число совместимых в том или ином смысле подмножеств.

Задачи, где условие попарной совместимости элементов подмножества необходимо и достаточно для их совместимости в совокупности, сводятся к нахождению минимальной раскраски графа, вершины которого соответствуют элементам данного множества, а ребра — парам несовместимых элементов этого множества.

Для нахождения решения задачи раскраски графа большой размерности можно применять точные или приближенные методы ее решения. Точные методы гарантируют получение оптимального решения. Приближенные

методы не всегда обеспечивают наилучший результат. И те и другие характеризуются экспоненциальной временной сложностью [1,2].

Как решение проблемы для задач большой размерности предлагается идти по пути разработки новых однократных эвристические алгоритмов, что и делается в этой статье.

Постановка задачи. Пусть задан граф $G=(V,E)$, в котором $V=\{v_n | n=\overline{1,N}\}$ - множество вершин графа, $E=\{e_{ij} | i,j \in \overline{1,N}, i \neq j\}$ - множество дуг графа. Пусть k - натуральное число, тогда функция $f: V \rightarrow \{1, \dots, k\}$ называется раскраской графа.

При этом раскраска считается правильной, если для любой пары вершин $v_i, v_j \in V$ таких, что $e_{ij} \in E$ справедливо, что $f(v_i) \neq f(v_j)$.

Необходимо определить такую функцию f , чтобы $k \rightarrow \min = c(G)$, где $c(G)$ - хроматическое число графа.

Метод решения. Предлагаемый метод состоит не в явном окрашивании вершин, а формировании набора множеств независимых вершин исходного графа.

Две вершины $v_i, v_j \in V$ называются независимыми, если не существует дуги $e_{ij} \in E$.

Множества независимых вершин графа формируются так, что для очередной обрабатываемой вершины реализуется попытка разместить эту вершину в одном из уже сформированных множеств. И, если это не представляется возможным, то формируется новое множество.

Количество k сформированных в результате непустых множеств составит результирующее число красок раскраски, а вершины, вошедшие в одно множество, будут окрашены в один из k цветов.

Из рассмотренного метода понятно, что количество таких множеств зависит от порядка обработки вершин.

Структура данных. Каждую вершину исходного графа $v_i \in V$ будем представлять парой $v_i = \langle i, links_i \rangle$, где: i - это номер вершины, а $links_i = \{j | j \in \overline{1,N}, e_{ij} \in E\}$ - множество номеров вершин $v_j \in V$ графа G , с которыми v_i в графе связана дугой. Тогда граф G представим как $G = \{v_n | n = \overline{1,N}\} = \{\langle n, links_n \rangle | n = \overline{1,N}\}$.

Если $color_counter$ - это количество используемых красок для окраски графа G , тогда решение задачи можно представить как

$S = \{set_c | c = \overline{0, color_counter - 1}\}$, где set_c - это множество номеров вершин графа G , окрашиваемых в цвет c .

Алгоритм раскраски.

П.1. Положить $color_counter = 0$ - количество сформированных множеств независимых вершин графа G .

П.2. Выполнить цикл по переменной $i = \overline{1,N}$ с шагом 1, в котором выполнить обработку каждой вершины графа $G = \{\langle i, links_i \rangle | i = \overline{1,N}\}$:

2.1. Определить номер c множества set_c независимых вершин графа G , в которое необходимо добавить текущую обрабатываемую вершину v_i , т.е. выполнить цикл по переменной $c = \overline{0, color_counter - 1}$ с шагом 1:

2.1.1. Положить $connected = 0$ флаг наличия связей в графе между вершиной v_i и вершинами-элементами множества set_c .

2.1.2. Перебрать все вершины $v_j \in set_c$. Если между v_i и $v_j \in set_c$ существует дуга e_{ij} в графе G , то выполнить: $connected = connected + 1$.

2.1.3. Если $connected = 0$, перейти к п.2.2.

2.2. Если $c = color_counter$, т.е. списка с номером c еще не существует (v_i не может быть добавлена ни в одно из существующих множеств), то создать множество set_c и увеличить переменную $color_counter = color_counter + 1$.

2.3. Добавить вершину-элемент v_i в список set_c .

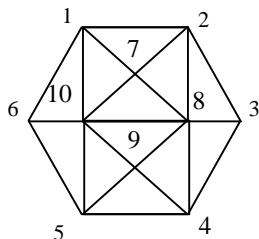
П.3. Конец.

Тестирование алгоритма. Тестирование алгоритма проведено на примере графа $G = \{\langle 1, \{\} \rangle, \langle 2, \{1\} \rangle, \langle 3, \{2\} \rangle, \langle 4, \{3\} \rangle, \langle 5, \{4\} \rangle, \langle 6, \{1, 5\} \rangle, \langle 7, \{1, 2\} \rangle, \langle 8, \{2, 3, 4, 7\} \rangle, \langle 9, \{4, 5, 8\} \rangle, \langle 10, \{1, 5, 6, 7, 8, 9\} \rangle\}$ (см. рисунок).

Алгоритм применялся для четырех исходных порядков вершин указанного графа:

- в порядке исходной нумерации вершин;

- в порядке, обратном нумерации вершин;
- в порядке возрастания количества связей вершин;
- в порядке убывания количества связей вершин.



Результаты испытания алгоритма представлены в таблице.

№	порядок обработки	Решение	К
1	совпадающий с нумерацией вершин	$S = \{ \{1,3,5\}, \{2,4,6\}, \{7,9\}, \{8\}, \{10\} \}$	5
2	обратный нумерации вершин	$S = \{ \{10,4,2\}, \{9,7,6,3\}, \{8,5,1\} \}$	3
3	по возрастанию числа связей вершины	$S = \{ \{3,6,7,9\}, \{1,4\}, \{2,5\}, \{8\}, \{10\} \}$	5
4	по убыванию числа связей вершины	$S = \{ \{8,1,5\}, \{10,2,4\}, \{7,9,3,6\} \}$	3

Отметим, что первые два правила по существу характеризуют случайный порядок обработки. Из двух последних правил, лучший результат получен при обработке вершин в порядке убывания количества их связей с другими вершинами в графе. Этот результат является оптимальным.

Заключение. При удачно выбранном порядке обработки вершин графа рассмотренный алгоритм позволяет найти оптимальное решение. Для данного примера оптимум достигается при обработке вершин в порядке убывания их инцидентностей.

Также, необходимо отметить, что при обработке очередной вершины графа возможна вариантность ее добавления в одно из сформированных множеств независимых вершин.

Эта неоднозначность в приведенном алгоритме разрешается добавлением вершины в первое из сформированных множеств независимых вершин графа, в которое эта вершина может быть добавлена. В общем случае эта вариантность является источником разных вариантов решения задачи, которая может быть исследована.

Список литературы: 1. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход.– М.: Мир, 1978.- 432 с. 2. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов.– С.-Пб.: Питер, 2004.- 364 с.

Поступила в редколлегию 09.01.08

УДК 519.174.7

О. Н. МАЛЫХ, канд. техн. наук,
Ю. Д. ОГИЕНКО, студент НТУ «ХПИ»

МЕТРИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВА РЕШЕНИЙ ЗАДАЧИ РАСКРАСКИ ГРАФА

У статті пропонується здійснити пошук хроматичного числа графа методом випадкового пошуку з локальною оптимізацією. Для цього пропонується провести метризацію простора рішень задачі розфарбовування графа. Так само розглядаються шляхи рішення даної задачі і проблеми що виникають в процесі рішення.

В статье предлагается осуществить поиск хроматического числа графа методом случайного поиска с локальной оптимизацией. Для этого предлагается произвести метризацию пространства решений задачи раскраски графа. Так же рассматриваются пути решения данной задачи и проблемы, возникающие в процессе решения.

The article it is suggested to carry out the search of chromatic number of count the method of random search with peep-hole optimization. For this purpose it is suggested to apply metrics on spaces of decisions of task of coloration of count. The ways of decision of this task and problem are similarly examined arising up in the process of decision.

Введение. Экстремальная постановка задачи раскраски графов звучит следующим образом. Дан граф, вершины которого необходимо раскрасить различными красками так, чтобы ни какие две смежные вершине не были окрашены в один и тот же цвет. Иными словами можно сказать, что все вершины графа необходимо разбить на минимальное количество подмножеств. Решение считается допустимым, если никакие две смежные вершины не принадлежат одному подмножеству.

Критерием качества решения является количество подмножеств, на которые разделены вершины графа, т.е. количество используемых красок. Минимально возможное количество красок называется хроматическим числом графа.

Следует отметить, что решение не зависит от способа нумерации красок. В большинстве методов раскраски графа качество решения зависит от порядка просмотра вершин.

Для графа из n вершин существует $n!$ вариантов перестановок номеров вершин и соответственно $n!$ возможных раскрасок. Однако количество красок для любой раскраски не может превосходить количество вершин n .

Таким образом, необходимо найти такую перестановку, при которой результат раскраски будет обеспечивать минимальное значение хроматического числа графа. Следовательно, приходим к экстремальной постановке задачи поиска минимума $\gamma(G)$:

$$\min_{n!} (g(G))$$

где G – порядок просмотра вершин исходного графа, а $\gamma()$ – функция критерия качества раскраски графа, т.е. значение хроматического числа.

Если пространство решений имеет размерность $n!$, то можно применить метод случайного поиска с локальной оптимизацией.

Данный метод предполагает использование окрестностей последовательно образуемых решений с невозрастающим критерием качества. Однако для того, чтобы определить окрестность, необходимо ввести понятие расстояния, отвечающего той или иной метрике. Таким образом, прежде чем организовывать поисковую стратегию на основании метода случайного поиска с локальной оптимизацией необходимо ввести метрику в пространство перестановок номеров вершин.

Метод случайного поиска с локальной оптимизацией состоит из нескольких этапов. Первый этап – это выбор начальной точки поиска. Для этого случайным образом выбираются точки из пространства поиска.

На втором этапе задается некоторая окрестность с центром, находящимся в исходной точке.

В ходе третьего этапа случайным образом производится выборка некоторого количества точек в окрестности исходной. Для каждой из этих точек рассчитывается критерий качества. На основании рассчитанного критерия качества определяется лучшая точка из данной выборки. Если критерий качества лучшей точки не хуже, чем у исходной, то переходят к четвертому этапу. В противном случае окрестность исходной точки уменьшается и третий этап повторяется заново.

На четвертом этапе производится перенос центра окрестности из исходной точки в лучшую из найденных. Радиус окрестности при этом не изменяется. Далее процесс поиска переходит к третьему этапу.

Имеют место следующие варианты завершения поискового процесса.

В первом из них, если на третьем этапе не найдена точка с критерием качества не хуже, чем у исходной, и при этом окрестность поиска имеет единичный радиус, то поиск прекращается и исходная точка принимается за лучшее найденное решение.

Во втором случае процесс поиска останавливается при достижении локального-оптимального решения с единичным значением окрестности.

Метод решения. Применительно к задаче раскраски графа метод случайного поиска с локальной оптимизацией приобретает следующий вид. На первом этапе выбирается произвольная перестановка и задается окрестность, равная размерности пространства перестановок. Точку в пространстве поиска, соответствующую данной перестановке, обозначают как исходную и рассчитывают для нее критерий качества.

Далее производится случайный выбор некоторого заранее определенного числа точек из данной окрестности. Для каждой перестановки определяется критерий качества.

Исходная точка перемещается в точку с наилучшим или таким же критерием качества. В случае, если все найденные точки обладают критерием качества худшим, чем у исходной точки, то исходная точка не перемещается и производится уменьшение окрестности поиска.

Далее процесс продолжается до тех пор, пока окрестность исходной точки на следующих итерациях не станет единичного радиуса. Значение критерия качества данной точки считают наилучшим решением. При этом поисковый процесс можно повторить сначала, используя другую начальную точку.

Вопрос о выборе числа точек на третьем этапе как и общее количество этапов определяется заранее, исходя из оценок затрат машинного времени на поиск одного значения критерия качества и возможных улучшений. В большинстве случаев это число считается константой и задается до начала вычислений.

Как следует из описания метода необходимо научиться быстро формировать решение в окрестности исходного решения.

Для того, чтобы быстро получать решения в некоторой заданной окрестности исходного решения необходимо построить граф, соответствующий новой нумерации вершин, и получить значение критерия качества.

При этом возникает задача переопределения описания графа, чтобы новая нумерация вершин соответствовала новому порядку просмотра. Эта процедура представляет собой получение изоморфного графа, соответствующего новой нумерации вершин.

Приведем ниже макроалгоритм процедуры получения нового значения критерия качества решения в окрестности исходного решения:

1. Используя исходную нумерацию вершин, получить значение количества красок.
2. Сформировать новую перестановку вершин графа, расположенную в некоторой окрестности перестановки, используемой в качестве центра.
3. Установить для вершин графа новую нумерацию так, чтобы новая нумерация вершин соответствовала порядковым номерам элементов сформированной перестановки. Такое требование приводит к

переопределению спискового описания заданного графа с учетом новой нумерации вершин, т.е. осуществить построение изоморфного графа.

4. Вычислить критерия качества для нового описания графа.

Для исследования эффективности предложенного подхода используем следующие метрики: лексикографическую, инверсную, цепную[1], алфавитную[2] или транспозиционную[3].

Рассмотрим принципы определения расстояния для каждой метрики.

Цепная метрика. В цепной метрике расстояние между перестановками выводится как минимальное число разрезов, которое необходимо сделать в одной из перестановок, чтобы из нее составить вторую перестановку. Из определения следует, что максимальное расстояние между перестановками из n символов в цепной метрике равно $n-1$.

Лексикографическая метрика. Каждой перестановке ставится в соответствие число, которое является номером места, занимаемого перестановкой при лексикографическом упорядочивании всего множества перестановок. Максимальное расстояние между перестановками в лексикографической метрике равно $n!-1$.

Алфавитная метрика. Расстояние между перестановками равно количеству не совпадающих элементов в первой и второй перестановке. Максимальное расстояние между двумя перестановками равно $n-1$.

Инверсная метрика. Расстоянием между перестановками в инверсной метрике полагают число всех инверсий первой перестановки относительно второй. Максимально возможное число инверсий равно $n(n-1)/2$.

Транспозиционная метрика. Расстояние между перестановками определяется как наименьшее возможное число транспозиций, которое необходимо для перехода от первой перестановки ко второй. Расстояние между двумя перестановками из n символов в транспозиционной метрике не превышает $n-1$, так как $n-1$ транспозиции достаточно для того, чтобы перейти от одной произвольной перестановки к другой.

Следует заметить, что так как максимальное расстояние, определяемое разными метриками различно, то данный факт следует учесть в методе случайного поиска с локальной оптимизацией.

Вывод. Полученные результаты позволяют оценить эффективность той или иной метрики и могут быть применены для построения более эффективных процедур решения задачи раскраски графа.

Список литературы: 1. *Голенко Д.И.* Статистические модели в управлении производством / Под ред. Н.П. Бусленко. – М. : Статистика, 1973. -368с. 2. *Пономаренко В.В., Гаврилов В.М.* Оптимизация по по последовательно применяемым критериям. – М. : Сов. радио, 1975. – 192 с. 3. *Каспицкая М.Ф., Сергиенко И.В., Хмельченко В.И.* Об одном подходе к решению задач размещения. – Кибернетика, 1974, №5, с. 51-60.

Поступила в редколлегию 05.03.08

УДК 681.518

А. С. КУЦЕНКО, д-р техн. наук, *А. С. КОЗОДОЙ*,
Н. И. БЕЗМЕНОВ, канд. техн. наук

КРИТЕРИЙ КВАЗИСТАТИЧНОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Предложен и обоснован критерий квазистатичности управляемого процесса при полигармоническом воздействии. Приведен алгоритм проверки критерия.

Запропоновано і обґрунтовано критерій квазистатичності керованого процесу при полігармонічному впливі. Приведено алгоритм перевірки критерію.

There was offered and grounded the criterion of quasistatic of the controlled process at polyharmonic influence. Also testing criterion algorithm is produced.

1. Введение. Математические модели управляемых процессов в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений нашли широкое распространение в практике анализа и синтеза автоматизированных систем управления различными техническими, экономическими и социальными объектами. Однако, во многих практически важных случаях, характерных для технологических процессов в теплоэнергетике, химической и металлургической промышленности темпы изменения управляющих и возмущающих воздействий существенно больше времени переходных процессов объектов управления. Это позволяет выделить класс управляемых объектов, которые будем называть квазистатическими. Основной особенностью таких объектов управления следует считать однозначную зависимость выходных координат от входных в каждый момент времени. Представление динамических процессов квазистатическими нашло широкое применение в классической термодинамике. Так в [1] приведены различные условия равновесности управляемых объектов применительно к физическим объектам. В работе [2] предложен ряд критериев сравнения скоростей изменения выходных координат и внешних воздействий, однако какие-либо рекомендации по их практическому применению отсутствует. В работе [3] предложена достаточно общая постановка задачи об оценке возможности

представления динамических процессов квазистатическими. Там же получен критерий квазистатичности для линейных стационарных объектов при воздействиях с ограниченными производными.

В то же время представляет теоретический и практический интерес нахождение аналогичных критериев квазистатичности управляемых процессов для случая полигармонического воздействия. Это и составляет предмет настоящей работы.

2. Постановка задачи. Рассмотрим линейную стационарную динамическую систему

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (1)$$

где $x \in R^n$ - вектор состояний, $u \in R^m$ - вектор воздействий, A - гурвицева $n \times n$ матрица, а B - матрица воздействий размерности $n \times m$.

Систему (1) можно представить в следующем виде:

$$\dot{x} = Ax + \sum_{i=1}^m b_i u_i, \quad (2)$$

где b_i - i -й столбец матрицы B , а u_i - i -я компонента векторного воздействия u , представляющая собой скалярное воздействие на i -й вход системы (1).

Пусть каждое из воздействий $u_i(\cdot)$ представляет собой сумму гармонических колебаний

$$u_i(t) = \sum_{k=0}^{l_i} u_{ik}(t), \quad (3)$$

каждое из которых, характеризуется амплитудой A_{ik} и частотой ω_k , причем множество частот $(\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_l)$ имеет своим максимальным элементом $\omega_l = \max\{\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_m\}$.

Динамической системе (1) будет соответствовать статическая система

$$x^* = -A^{-1}Bu, \quad (4)$$

полученная из (1) в результате приравнивания нулю производной \dot{x} .

Система (4) по аналогии с (2) может быть представлена в виде

$$x^* = -A^{-1} \sum_{i=1}^m b_i u_i. \quad (5)$$

В качестве меры близости динамической и квазистатической траекторий, соответствующих системам (2) и (5) при воздействиях из класса U (3) примем величину s

$$s = \max_{j=0, l} \left\| \bar{A}(x_j(t) - x_j^*(t)) \right\|, \quad (6)$$

где $x_j(t)$ и $x_j^*(t)$ - динамическая и статическая траектории при

гармоническом воздействии частоты ω_j , $\bar{A}(x(t))$ - оператор нахождения вектора амплитуд векторного гармонического сигнала $x(t)$. Тогда критерий квазистатичности примет вид

$$s \leq \varepsilon,$$

где ε - заданное положительное число.

Целью настоящей работы является нахождение величины s для полигармонического воздействия с заданным спектром.

3. Алгоритм решения задачи. Как было отмечено в разделе 2, оценка степени квазистатичности сводится к сравнению вынужденной составляющей решения системы дифференциальных уравнений $x(t)$ и статического решения $x^*(t)$ на множестве гармонических воздействий.

Будем искать вынужденное решение системы (1) при одночастотном воздействии

$$u = F \cos \omega t + G \sin \omega t, \quad (7)$$

где F и G вектора размерности m , в виде

$$x = X_1 \cos \omega t + X_2 \sin \omega t. \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в исходную систему (1) получим уравнение

$$-\omega X_1 \sin \omega t + \omega X_2 \cos \omega t = AX_1 \cos \omega t + AX_2 \sin \omega t + BF \cos \omega t + BG \sin \omega t \quad (9)$$

относительно n - мерных векторов X_1 и X_2 . Приравнявая в (9)

коэффициенты в левой и правой частях при $\cos \omega t$ и $\sin \omega t$, получим систему $2n$ линейных уравнений

$$\begin{aligned} -AX_1 + \omega X_2 &= BF, \\ -\omega X_1 - AX_2 &= BG. \end{aligned} \quad (10)$$

Решение (10) относительно X_1 и X_2 имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} X_1 &= -(\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} (\omega^{-1} ABF + BG), \\ X_2 &= -\omega^{-1} A (\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} (\omega^{-1} ABF + BG) + \omega^{-1} BF. \end{aligned} \quad (11)$$

Квазистатическое решение (4) при одночастном воздействии (7) запишется как

$$x^* = -A^{-1}BF \cos \omega t - A^{-1}BG \sin \omega t. \quad (12)$$

На основании (11) и (12) отклонение статического решения от вынужденной динамической составляющей представим в виде

$$\Delta x = Y_1 \cos \omega t + Y_2 \sin \omega t$$

где

$$\begin{aligned} Y_1 &= -(\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} (\omega^{-1} ABF + BG) + A^{-1}BF, \\ Y_2 &= -\omega^{-1} A (\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} (\omega^{-1} ABF + BG) + \omega^{-1} BF + A^{-1}BG. \end{aligned} \quad (13)$$

Выберем в качестве вектора G входного воздействия нулевой вектор $G = (0, 0, \dots, 0)^T$. Тогда выражения (13) для Y_1 и Y_2 примут вид

$$\begin{aligned} Y_1 &= [-\omega^{-1} (\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} AB + A^{-1}B]F, \\ Y_2 &= [-\omega^{-2} A (\omega E + \omega^{-1} A^2)^{-1} AB + \omega^{-1}B]F. \end{aligned} \quad (14)$$

Таким образом, k -е столбцы матриц заключенных в квадратные скобки соотношений (14), определяют амплитуду и фазовый сдвиг векторной динамической ошибки Δx линейной системы (2) при подаче гармонического воздействия единичной амплитуды частоты ω на ее k -й вход. Компоненты вектора амплитуд \bar{A} ошибки Δx находятся по известному соотношению

$$A_{ik}(\omega) = \sqrt{A_{1ik}^2(\omega) + A_{2ik}^2(\omega)} \quad (15)$$

где i, k - индексы номеров входа и компоненты вектора состояния системы соответственно, A_{1ik} и A_{2ik} - элементы матриц в квадратных скобках выражений (14). Применяя соотношения (14), (15) и, соответственно, критерий (6) на заданном множестве частот $\{\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_l\}$, можно сделать заключение о возможности замены динамической модели процесса (1) на квазистатическую (4).

Выводы. Сформулирован критерий и предложен алгоритм его проверки, позволяющий обосновать переход от динамического рассмотрения

управляемых процессов к их квазистатической аппроксимации при полигармонической структуре воздействий.

В качестве перспективы развития данного исследования следует считать рассмотрение более общей задачи – получение условий квазистатичности для воздействий с непрерывным спектром возможных частот.

Список литературы: 1. Б.Н. Петров, Г.М. Уланов, И.И. Гольденблат, С.В. Ульянов Теория моделей в процессах управления, Наука, - М. - 1978. - 223с. 2. А.Г. Александров Синтез регуляторов многомерных систем, Машиностроение, - М. - 1986. - 272. 3. А.С. Куценко, Чан Занг Лю Критерии адекватности динамических и статических математических моделей технологических процессов, Вестник НТУ «ХПИ». - Харьков: НТУ «ХПИ». - 2003. - №18. - с. 23-28.

Поступила в редколлегию 17.06.08

СОДЕРЖАНИЕ

Любчик Л. М., Костюк О. В., Махфуз М. Д. Локально-оптимальное управление дискретными системами с запаздыванием при наличии неизмеряемых возмущений.....	3
Дорофеев Ю. И., Глухова А. А. Исследование качества компрессии данных с помощью искусственных нейронных сетей.....	8
Мельник К. В., Голоскоков А. Е. Система принятия решений при управлении лечением сердечных заболеваний.....	13
Северин В. П., Джафари С. М. Моделирование и оптимизация систем автоматического управления энергетическим ядерным реактором.....	18
Голоскоков А. Е., Савич М. В. Задача диагностирования состояния пациента с обострением бронхиальной астмы.....	24
Гамаюн И. П., Иванченко А. В. Проблема подготовки специалистов для IT-компаний и подходы её решения на основе анализа социальных сетей....	28
Мазманишвили А. С., Никонов О. Я. Движение транспортного средства по профилю, возмущенному дробовым и белым шумами, и большие отклонения колебаний его корпуса.....	38
Ахієзер О. Б., ПіроттІ О. Є., Прохорова О. М. Математичні моделі нестационарних стохастичних процесів на базі кореляційних функцій.....	45
Лисицкий В. Л., Фонта Н. Г. Информационная технология распознавания проблемных ситуаций в процессе функционирования промышленного предприятия.....	53
Марченко И. И. Влияние условий ионного облучения на эффективность азотирования алюминия.....	62
Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. Об условиях экстремума скорости падения сферического тела переменной радиуса.....	67

<i>Бізюк А. В., Прибиткова Н. І.</i> Оцінка і вибір технології створення мультимедійного електронного видання	78
<i>Бізюк А. В., Гіковатий В. М.</i> Особливості розвитку динамічних інтерактивних Web-додатків.....	82
<i>Бізюк А. В., Бізюк І. Г.</i> Вимоги до стандартизації процедури тестування за допомогою електронних систем	86
<i>Кащеев Л. Б., Сокольская В. К.</i> Фрактальное сжатие графической информации.....	90
<i>Каминская С. А.</i> Исследование оптимального поведения активных элементов в производственно-экономической системе.....	94
<i>Никитина Т. Б.</i> Многокритериальная оптимизация системы стабилизации танкового вооружения.....	100
<i>Кобозева А. А., Нариманова Е. В.</i> Эффект двойного квантования и его особенности	110
<i>Сайко В. В.</i> Уровневая модель данных маркетинговых исследований, ориентированная на поиск закономерностей в результатах опросов.....	120
<i>Анпільгов П. І., Михайленко В. М., Кириченко С. Д.</i> АСУ «Тариф» для водопостачання та водовідведення. Реалізація тарифної реформи ЖКГ	128
<i>Донченко Т. В., Бережная Е. Б.</i> Расчет трудоемкости создания учебных электронных информационных ресурсов	139
<i>Марченко Н. А., Авраменко А. К.</i> Методика классификации объектов по данным дистанционного зондирования Земли	145
<i>Грабовський Є. М.</i> Особливості форматів для створення мультимедійного навчального видання	150
<i>Нікулін А. К., Кащеев Л. Б.</i> Розробка автоматизованої системи обліку і аналізу товарів і послуг для медичної установи	154
<i>Єфімов О. В., Пилипенко М. М., Єсипенко Т. О., Каверцев В. Л., Чуян О. О.</i> Методи математичного моделювання і оптимізації параметрів теплоенергетичного устаткування АЕС.....	159
<i>Дорохов О. В., Антонов Д.</i> Використання мобільного зв'язку для покращання транспортного обслуговування	166
<i>Діденко Є. В.</i> Про ймовірнісну змінну тарифа у страхуванні життя	170
<i>Любченко В.А., Яковлева Е.В., Передрий Е.О.</i> Нормализация перспективных преобразований проективно искаженных изображений.....	174
<i>Левкин А. В., Коваленко С. Н., Левкин Д. А.</i> Обоснование структуры и рабочих параметров биотехнической системы лазерного деления эмбрионов в животноводстве.....	184
<i>Проконенков В. Ф., Кожин Ю. Н., Малых О. Н.</i> Новый эвристический алгоритм раскраски графа.....	190
<i>Малых О. Н., Огиенко Ю. Д.</i> Метризация пространства решений задачи раскраски графа.....	194
<i>Куценко А. С., Козодой А. С., Безменов Н. И.</i> Критерий квазистатичности управляемых процессов при полигармоническом воздействии.....	198

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»

Збірник наукових праць

Тематичний випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології»

Випуск 26

Наукові редактори М. Д. Годлевський, О.С.Куценко
Технічний редактор М. І. Безменов

Відповідальний за випуск І.Б. Обухова

Обл.-вид. № 130-08.

Підп. до друку 11.07.08 р. Формат 60×84 1/16. Папір офісний.
RISO-друк. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,5. Облік.-вид. арк. 10.
Наклад 300 прим. Перший завод 1-100. Зам. № 1707. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво державну реєстрацію № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

ФОП Стеценко І. І., 61019, Харків, пр. Ілліча, 103а, кв. 21,
тел. 370-55-70