

УДК 621.3

С.Г. Семенов

Национальный технический университет "ХПИ", Харьков

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С РАЗРАБОТКОЙ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

*Проведен анализ современных информационных систем. Приведена классификация структурных элементов информационной системы по функциональным признакам и построена обобщенная структурно-функциональная схема информационной системы. Указано на влияние ряда внешних и внутренних факторов воздействия на эффективность функционирования, как отдельных элементов, так и информационной системы в целом. На основе проведенного анализа структурно-функционального построения информационной системы разработан иерархический комплексный показатель эффективности ее функционирования.*

**Ключевые слова:** информационная система, человеко-машинная система, параметры подсистем, показатель качества, показатель эффективности, тензорное описание и исчисление.

### Введение

**Постановка проблемы.** В соответствии с законами Украины «Про телекомунікації», «Про інформацію», указом президента Украины «Про першочергові завдання щодо впровадження новітніх інформаційних технологій» [16] первоочередным фактором обеспечения устойчивого экономического и социального развития Украины, существенного улучшения условий жизни людей следует считать интенсивное внедрение современных информационных технологий во все сферы общественной и производственной деятельности, создание общегосударственных и частных информационных систем (ИС).

В современном обществе широкий спектр технических решений, повсеместное внедрение персональных компьютеров в информационные системы, цифровизация и повышение производительности оборудования современных производителей существенно влияют как на концепцию построения и использования информационных и технологических процессов, а также на качество результирующей информации.

Несмотря на это, зачастую заранее непродуманное, теоретически и технически необоснованное использование ИС без учета внутренних (системных и структурных), эргономических и других параметров, а также характеристик входной информации и внешних воздействий приводит к снижению эффективности их использования, неоправданной дороговизне, ухудшению безопасности и другим отрицательным последствиям, снижающим в целом качественный уровень (эффект) ожидаемого результата.

**Анализ литературы** показал, что в настоящее время ряд авторов [6, 7, 11 – 14] уделяют внимание вопросам улучшения отдельных показателей качества функционирования и обслуживания информацион-

ных систем, оптимизации некоторых вероятностно-временных характеристик компьютерных систем и сетей [6, 11 – 14], а также вопросам их эргономического обеспечения [7]. В то же время проведенные исследования показали, что большинство поставленных оптимизационных задач [6, 11-14] решаются без учета внутренних (изменения внутренних характеристик во времени, взаимное влияние отдельных параметров информационных систем и др.) и внешних (статистические изменения входного потока информации, влияние окружающей среды и др.) факторов, что приводит к погрешности в результатах отдельных оптимизационных задач и существенным ошибкам при решении комплексной научной задачи.

В ряде исследований [1, 5] были предприняты попытки на единой основе представить композицию субъектов и объектов, математического, технического и психологического компонентов ИС. Методической основой этих исследований являлись теории передачи информации и надежности [9, 10], а также концепция эргономического обеспечения разработки и эксплуатации человеко-машинных систем (ЧМС) [7]. Однако и в этих исследованиях, к сожалению, не было уделено должного внимания взаимовлиянию отдельных внутренних характеристик и внешних факторов на показатели эффективности функционирования ИС. Поэтому итогом этих работ можно считать техническое и эргономическое решение отдельных структурных оптимизационных задач в человеко-машинных системах.

В этой связи актуальным представляется обобщенный структурно-функциональный анализ современных человеко-машинных систем с разработкой комплексного показателя эффективности функционирования ИС, учитывающего как ее внутренние характеристики, так и внешние (технические, психологические, природные и др.) факторы.

**Основная часть**

**1. Разработка обобщенной структурно-функциональной схемы информационной системы.** Проведенный анализ показал, что, несмотря на разнообразие ИС независимо от сферы применения их общую структуру можно рассматривать как совокупность подсистем выделенных по определенным признакам (уровням управления, способу организации, функциональным признакам и др.) [1, 17]. Так, например, наиболее информативная (по мнению автора) классификация структурных элементов ИС по функциональным признакам делит ее на подсистемы технического, информационного, математического и программного обеспечения, а также организационно-правовую подсистему и подсистему взаимодействия человека-оператора и машины (управления) [17].

Исследования показали, что большинство из приведенных подсистем можно представить как совокуп-

ность объектов управления, обладающих некоторыми статистическими свойствами, претерпевающими изменения во времени под воздействием внутренних и внешних факторов (например, высокая скорость и частота изменения характеристик информационного трафика, сравнительно небольшая скорость изменения внутренних тактико-технических характеристик микропроцессорного оборудования и др.). С целью структуризации ИС по статистическим свойствам отдельных объектов управления, входящих в подсистемы, улучшения качества мониторинга и оценки отдельных показателей эффективности рассматриваемых подсистем предлагается разбиение ИС на ряд составляющих с быстро изменяемыми, медленно меняющимися и неизменными параметрами (см. рис. 1). Такой подход к классификации ИС позволит проиллюстрировать ряд внутренних и внешних характеристик и факторов, их взаимодействие и взаимовлияние в различных подсистемах.

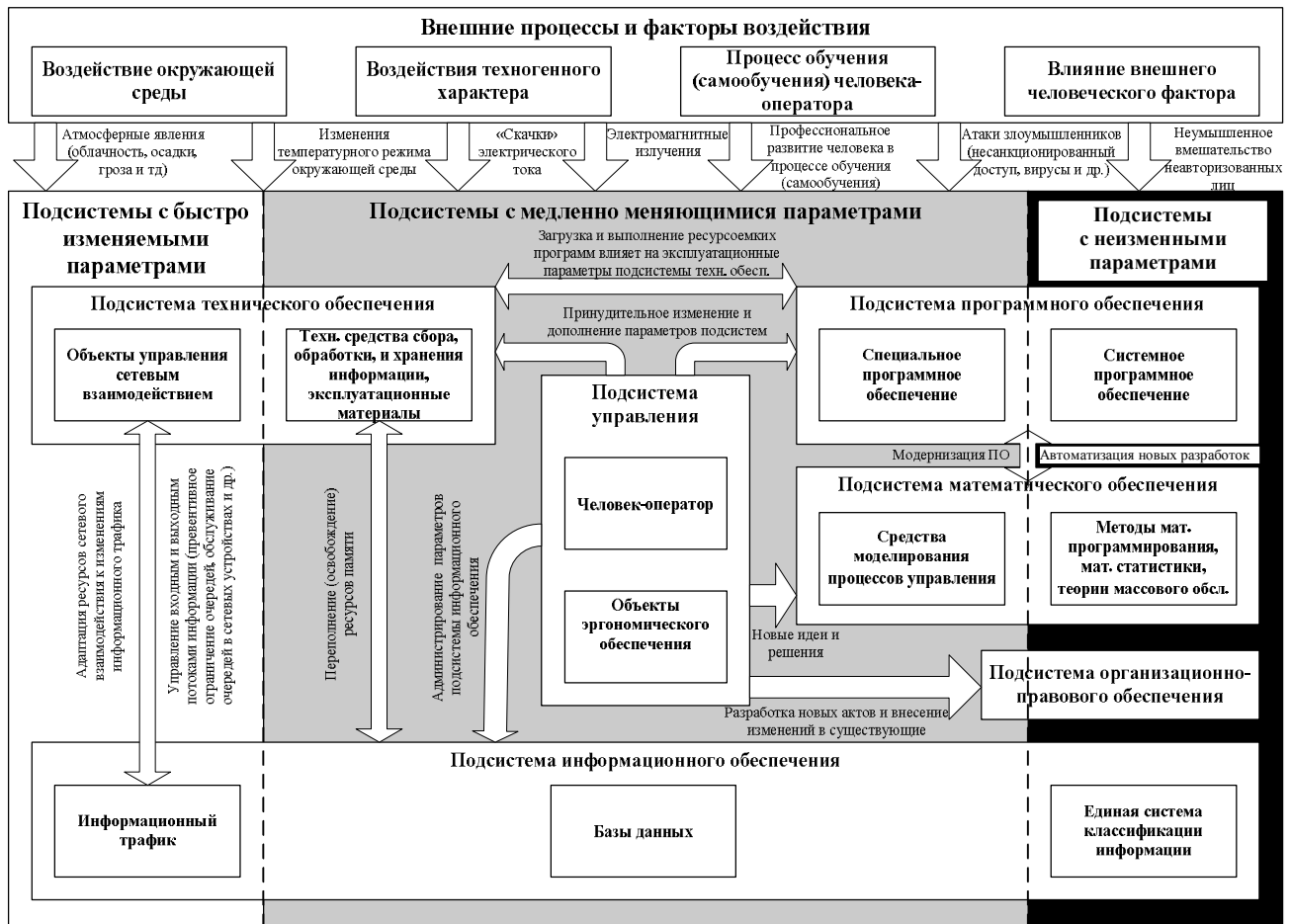


Рис. 1. Структурно-функциональная схема информационной системы

Как видно из рис. 1, изменение параметров отдельных объектов управления в информационной системе происходит под воздействием ряда факторов, имеющих как объективный внутренний характер, вызванный непосредственно закономерностями взаимовлияния различных подсистем ИС друг на друга (адаптация ресурсов сетевого взаимодействия к изменениям информационного трафика, управление входным и

выходным потоками информации со стороны технических средств сетевого взаимодействия, принудительное изменение и дополнение параметров подсистем со стороны человека-оператора и др.), так и характер внешнего влияния. Следует отметить, что степень влияния указанных факторов на изменения параметров объектов управления в ИС различна и требует дополнительных научных разработок. Однако уже на дан-

ном этапе исследований можно утверждать, что практически все подсистемы ИС (исключением может быть только подсистема организационно-правового обеспечения) подвержены внутреннему взаимовлиянию, изменяющему параметры объектов управления. Так, например, загрузка и выполнение ресурсоемких программ влияет на эксплуатационные параметры (производительность процессоров, частоту выработки синхрипульсов и т.д.) устройств подсистемы технического обеспечения, что в свою очередь замедляет процесс выполнения этих же программных продуктов в подсистеме программного обеспечения. Влияние же внешних факторов воздействия в большинстве практических случаев вызывает изменения параметров объектов управления в подсистемах с медленно меняющимися параметрами. Однако следует отметить, что существует ряд исключений. В первую очередь, это существенный рост числа потребителей информационных услуг, появление новых сетевых сервисов и приложений, динамические изменения интенсивности информационного трафика в процессе обмена данными и др. Также нельзя оставлять без внимания различные форс-мажорные обстоятельства объективного и субъективного характера (стихийные бедствия, катастрофы и т.д.), которые приводят к мгновенному изменению характеристик объектов управления в исследуемых подсистемах с быстро изменяемыми параметрами. Данные гипотезы подтверждаются результатами имитационного моделирования и опытом практической эксплуатации компьютерных систем и сетевых компонент.

**2. Разработка иерархического комплексного показателя эффективности функционирования информационной системы.** Из работ [4, 6, 8] известно, что наряду с проведенным анализом структурно-функциональных элементов одним из важных компонент моделирования информационной системы является ее синтез.

Исследования показали, что целью синтеза ИС является обеспечение качественных показателей услуг, большая часть из которых определена государственными стандартами Украины (ДСТУ 2481-94, ДСТУ В 3265 – 95, ДСТУ 2226-93, ДСТУ 2941-94, ГОСТ 34.003-90 и др.) и рекомендациями международного союза электросвязи (МСЭ) (МСЭ Е.430, Е.800, Х.134 –137) и других международных организаций (ITU-T, ETSI, IETF, TL 9000 и др.) [2, 3, 16]. В большинстве практических случаев пользователи ИС интересуют целый комплекс услуг, с обеспечением которых связано качественное выполнение поставленных задач. Каждая из этих услуг чаще всего характеризуется отдельными показателями качества (оперативности, достоверности, надежности и др.). В целом получение потребителями ИС некоторого спектра услуг сопряжено с обеспечением комплексной характеристики качества – иерархического показателя эффективности функционирования информационной системы.

На рис. 2 представлена иерархическая векторная система показателей качества функционирования ИС, сформированная на основе международных и государственных стандартов (ДСТУ ISO 9000-2007, ДСТУ ISO 9001-2001, ДСТУ ISO/IEC TR 13243:2003, и др.).

Как видно из рисунка, в целом показатели качества в ИС делятся на показатели качества обработки данных и показатели качества обслуживания, при этом введение классов качества обслуживания путем разбиения объектов управления в ИС по категориям пользователей ( $\ell = \overline{1, L}$ ) и услуг ( $r = \overline{1, R}$ ) влияет лишь на показатели качества обработки данных (причем в большей степени на показатели качества передачи и показатели информационной безопасности). В то же время проведенные исследования показали, что для оценки влияния внешних процессов и факторов воздействия, а также их математического представления в общей системе показателей качества целесообразно воспользоваться методами матричного и векторного описания систем. Это в дальнейшем позволит упростить процесс математического моделирования ИС, а также расширит возможности процедур идентификации (учетом факторов внешнего воздействия) человеко-машинных систем.

Анализ структурно-функционального построения ИС и представленной иерархической векторной системы показателей качества функционирования показал, что комплексный показатель эффективности функционирования ИС  $Y_i^{(ic)}$  может быть представлен в виде произведения матриц:

$$Y_i^{(ic)} = (X_{ik} \cdot Y_k), \quad (1)$$

где  $X_{ik} = \left| x_{\psi}^{(\xi)} \right|$  – матрица усредненных коэффициентов влияния внешних процессов и факторов воздействия (см. рис. 1) на отдельные показатели качества обслуживания;  $i$  – количество внешних факторов, влияющих на функционирование системы;  $k$  –

количество подсистем в ИС;  $x_{\xi}^{(\psi)} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{\mathfrak{Z}_j}^{(\psi)}$  – усредненный коэффициент влияния внешних процессов ( $\psi$ ) на показатели качества функционирования отдельных подсистем ИС ( $\xi$ );  $\mathfrak{Z}$  – наименование отдельного показателя качества функционирования подсистемы

обеспечения ИС;

$Y_k = \left[ \overline{Y^{(io)}}, \overline{Y^{(то)}}, \overline{Y^{(пу)}}, \overline{Y^{(пмо)}}, \overline{Y^{(опо)}} \right]$  – матрица показателей качества в подсистемах ИС;

$\overline{Y^{(io)}}, \overline{Y^{(то)}}, \overline{Y^{(пу)}}, \overline{Y^{(пмо)}}, \overline{Y^{(опо)}}$  – векторные показатели качества подсистем информационного и технического обеспечения, подсистемы управления, подсистемы программного и математического обеспечения, а также подсистемы организационно-правового обеспечения соответственно.



Рис. 2. Иерархическая векторная система показателей качества функционирования ИС

В результате перемножения (выражение 1) будет сформирована матрица, представляющая собой комплексный показатель эффективности функционирования ИС.

В дальнейшем, в процессе моделирования ИС и анализа их структурных элементов, для решения поставленных оптимизационных задач целесообразно выставлять флаг приоритетности на отдельные элементы матрицы. Это позволит синтезировать структуру ИС с заданными показателями качества обслуживания абонентов (пользователей) ИС.

### Выводы

Таким образом, проведенный обобщенный структурно-функциональный анализ современных человеко-машинных систем позволил классифицировать ИС и разбить ее на ряд подсистем с быстро изменяемыми, медленно меняющимися и неизменными параметрами.

Исследование процесса взаимодействия отдельных подсистем и анализ показателей качества их функционирования позволили сделать вывод о необходимости введения в общую иерархическую

систему показателей качества классов обслуживания в виде категорий пользователей и услуг. Такое разбиение по приоритетам позволило учесть как разнородность информационной составляющей рассматриваемой системы, так и отличия в профессиональной (кадровой) деятельности отдельных пользователей (человека-оператора).

Анализ процесса функционирования ИС позволил выявить ряд внешних факторов (воздействий) оказывающих объективное влияние на рассмотренные показатели качества. Использование методов векторного представления систем позволило разработать иерархический комплексный показатель эффективности функционирования ИС, который учитывает как ее внутренние характеристики, так и параметры (коэффициенты) внешних воздействий.

Дальнейшие исследования будут посвящены более детальной оценке влияния внешних процессов и факторов воздействия на процесс функционирования ИС, расчету соответствующих усредненных коэффициентов матрицы  $X_{ik}$ , вопросам структурно-параметрической идентификации отдельных подсистем ИС.

### Список литературы

1. Вегенія Ш. *Качество обслуживания в сетях IP: пер. с англ. / Ш. Вегенія*. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 386 с.
2. ДСТУ 2481 – 94 *Система оброблення інформації інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення*. – Х.: ДЕРЖСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 1994. – 33 с.
3. ДСТУ В 3265 – 95. *Зв'язок військовий. Терміни та визначення*. – К.: УкрНДІССІ, 1995. – 23 с.
4. Дмитриенко В.Д. *Исследование потоковых свойств трафика, циркулирующего в компьютерных сетях систем критического применения для определения интервалов времени управления сетевыми ресурсами / В.Д. Дмитриенко, Н.И. Науменко, С.Г. Семенов // Системы управления, навигации та зв'язку*. – К.: ДП «ЦНДІ навігації і управління», 2009. – Вип. 3(11). – С. 198-201.
5. Дымарский Я.С. *Оптимальное распределение ресурсов в сети с разнородными потоками / Я.С. Дымарский, М.В. Нурмиева // Вестник МАИСУ*. – М.: МАИСУ. – 2002. – №6. – С. 31-35.
6. Зайченко Ю.П. *Компьютерные сети / Ю.П. Зайченко*. – К.: Слово, 2003. – 256 с.
7. Козак Ю.А. *Эргономическое обеспечение и оценка эффективности человеко-машинных систем обработки информации / Ю.А. Козак, В.Т. Артеменко // Сб. научных трудов ОПУ*. – О.: ОПУ, 2000. – № 3. – С. 45-51.
8. Кучерявый Э.А. *Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Э.А. Кучерявый*. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
9. Рид Р. *Основы теории передачи информации / Р. Рид*. – М.: "Вильямс", 2005. – 320 с.
10. Шишонко Н.А. *Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники / Н.А. Шишонко, В.Ф. Репкин, Л.Л. Барвинский*. – М.: Сов. радио, 1964. – 552 с.
11. Gang Cheng. *A New Heuristics For Finding The Delay Constrained Least Cost Path / Gang Chen, Nirwan Ansari // IEEE GLOBECOM – 2003*. – P. 3711-3715.
12. Dai Boong Lee. *Dynamic Class Selecting Mechanism for Guaranteed Service with Minimum Cost over Relative Differentiated-Services Networks / Dai Boong Lee, Hwangjun Song // IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*. – 2004. – P. 237-240.
13. Vutukury S. *MDVA: A Distance-Vector Multipath Routing Protocol / S. Vutukury, J.J. Garcia-Luna-Aceves // Proc. IEEE INFOCOM*. – Anchorage, 2001. – P. 557-564.
14. Vutukury S. *MPATH: a loop-free multipath routing algorithm / S. Vutukury, J.J. Garcia-Luna-Aceves // Elsevier Journal of Microprocessors and Microsystems*. – 2001. – 24(6). – P. 319-327.
15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.setlab.net>.
16. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://zakon1.rada.gov.ua>.
17. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: [http://www.tspu.tula.ru/ivt/old\\_site/umr/infosystem\\_net/lek/lek01.htm](http://www.tspu.tula.ru/ivt/old_site/umr/infosystem_net/lek/lek01.htm).

Поступила в редколлегию 22.02.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

### СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ З РОЗРОБКОЮ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

С.Г. Семенов

Проведений аналіз сучасних інформаційних систем. Приведена класифікація структурних елементів інформаційної системи по функціональних ознаках і побудована узагальнена структурно-функціональна схема інформаційної системи. Вказано на вплив ряду зовнішніх і внутрішніх чинників дії на ефективність функціонування, як окремих елементів, так і інформаційної системи в цілому. На основі проведеного аналізу структурно-функціонального побудови інформаційної системи розроблений ієрархічний комплексний показник ефективності її функціонування.

**Ключові слова:** інформаційна система, людино-машинна система, параметри підсистем, показник якості, показник ефективності, тензорний опис і числення.

### STRUCTURE FUNCTIONAL ANALYSIS OF MODERN INFORMATIVE SYSTEMS WITH DEVELOPMENT OF COMPLEX INDEX OF EFFICIENCY OF THEIR FUNCTIONING

S.G. Semenov

The analysis of the modern informative systems is conducted. Classification of structural elements of the informative system is resulted on functional signs and the generalized structure functional chart of the informative system is built. It is indicated on influence of row of external and internal factors of affecting efficiency of functioning, both separate elements and informative system on the whole. On the basis of the conducted analysis of structure functional construction of the informative system the hierarchical complex index of efficiency of its functioning is developed.

**Keywords:** informative system, man-machine system, parameters of subsystems, index of quality, index of efficiency, tensor description and calculation.