

ФУНКЦИОНАЛЬНО - ЦЕЛЕВАЯ ПРИЧИННО - СЛЕДСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

к.т.н. В.М. Стрелец
(представил д.т.н., проф. Ю.А. Абрамов)

Показаны особенности проведения эргономической оценки с помощью функционально-целевых причинно-следственных моделей.

Основными принципами системного подхода к моделированию, анализу и синтезу сложных систем, к числу которых относятся и системы «человек - машина - среда» (СЧМ), являются: единство функционально - целевых и причинно - следственных отношений; последовательное раскрытие неопределенности и избыточности; однозначное представление свойств и характеристик; многоуровневая интеграция систем управления.

На основе принципов однозначности и неизбыточности модель эргономической оценки (ЭО) СЧМ можно представить в виде причинно-следственной модели (ПСМ) сложной системы управления S^2 . В то же время, проведение ЭО СЧМ с помощью ПСМ накладывает существенные ограничения на процедуры ЭО, так как при этом должны быть строго заданы топология, структура операторов и параметры. Кроме того, сказывается невозможность использования системной функционально - целевой информации, что приводит к необходимости полного перебора всего множества ПСМ, тогда как в практике ЭО эксперты используют системную информацию. Это позволяет перейти от перебора всего множества вариантов к исследованию их ограниченного числа. В связи с этим ПСМ должна быть дополнена информацией о причинно-следственных отношениях между переменными системы и системной информацией о функционально-целевых свойствах, т.е. ЭО СЧМ целесообразно проводить на базе функционально-целевых причинно - следственных моделей (ФЦПСМ) [1].

ЭО как имитационная система (S^2) представляет собой множество взаимосвязанных подсистем S^m . В самом общем виде S^2 состоит из следующих подсистем: S^1 - имитационные математические модели (ИММ) СЧМ; S^2 - имитационные физические модели (ИФМ) СЧМ; S^3 - банк эргономических данных (БЭД); S^4 - эксперт (эксперты). На рис.1 представлена функционально - целевая причинно - следственная модель имитационной системы (ИС), на которой выделены подсистемы S^m и связи w^{mx} между подсистемами.

В предложенной модели F_{01}^1 - внешние воздействия. Поскольку за

основу подсистемы S^1 взята большая имитационная модель, то в качестве внешних воздействий рассматривается информация от частных имитационных моделей (ЧИМ), из которых она компонуется и которые постоянно совершенствуются и видоизменяются.

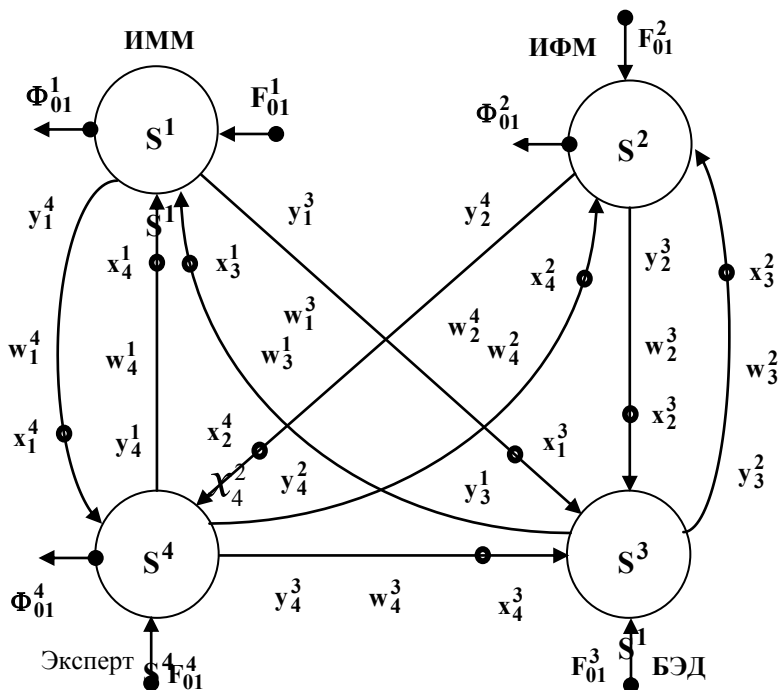


Рис. 1. Функционально-целевая причинно - следственная модель эргономической оценки СЧМ

F_{01}^2 - параметры и характеристики деятельности персонала исследуемой системы, моделируемые с помощью ЭВМ и других технических средств; F_{01}^3 - эргономические параметры и характеристики СЧМ; F_{01}^4 - задачи ЭО СЧМ (как правило, ставит заказчик работы или же лицо, принимающее решение); x_4^1 - исходные данные для имитационного математического моделирования СЧМ; x_3^1 - информация из БЭД, необходимая для проведения имитационного математического моделирования; x_2^3 - информация о результатах ФМ, помещаемая в БЭД; x_2^4 - информация о результатах, которой пользуется эксперт; x_1^3 - информация для БЭД о ре-

зультатах имитационного математического моделирования функционирования СЧМ; x_1^4 - информация эксперту о результатах ИМ; y_4^1, y_4^2 - решения о выборе исходных данных и моделей; y_3^1, y_3^2 - параметры и характеристики имитационных моделей; y_4^3 - запросы в БЭД; $w^{3,1}, w^{1,3}, w^{3,2}, w^{2,3}$ - операторы приема-передачи информации, необходимой для работы имитационных моделей, из БЭД; $w^{1,4}, w^{4,1}, w^{4,2}, w^{2,4}, w^{4,3}$ - операторы связи; Φ_{01}^1 - результаты имитационного математического моделирования, $\Phi_{01}^1 = x_1^4$; Φ_{01}^2 - результаты имитационного физического моделирования, $\Phi_{01}^2 = x_2^4$; Φ_{01}^4 - результаты эргономической оценки СЧМ.

Граф G_{RS}^Σ ИС представляет собой сильно - связный граф, образованный на множестве $\{G_0^m; m = 1, \dots, A\}$ сильно связных графов подсистем G_0^m и множестве дуг $\{w^{m,k}; m \neq k\}$, устанавливающих отношения между графами G_0^m . Выделение из графа G_{RS}^Σ ПСМ ИС с максимальной топологической определенностью графов G_0^m и связей между ними приводит к его упорядочению, т.е. функционально-целевой причинно-следственной интеграции. ФЦПСМ ИС (рис.1) соответствует первому уровню интеграции сложной системы ($L=1$), т.е. интеграции звеньев в подсистемы, обладающие системными свойствами и выполняющими самостоятельные функции и цели. Разработка ФЦПСМ ИС более низкого уровня интеграции ($L=0$) с максимальной топологической определенностью представляет большую сложность ввиду трудности декомпозиции, в первую очередь подсистем S^1 и S^4 . Второму уровню сложности ($L=2$) соответствует объединение множества подсистем S^m в комплексы подсистем

$$Z^P = \left\langle S^m; m \in \{1, \dots, A\}; W^{m,k}; m, k \in \{1, \dots, A\} \right\rangle, \quad (1)$$

где $W^{m,k}$ - множество дуг $\{w^{m,k}; m \neq k\}$, устанавливающих отношения между подсистемами S^m и S^k .

Подсистема S^m является элементарной системной единицей, на базе которой формируются, используя информацию о множестве связей $W^{m,k}$, комплексы подсистем Z^P и непосредственно ИС ЭО СЧМ S^Σ . Таким образом, декомпозиция сильно связного графа G_{RS}^Σ , выбор рациональной структуры и параметров подсистем S^m и связей $W^{m,k}$ позволяет органи-

зывать ИС, выполняющую общесистемные функции и цели управления.

Модель

$$\mathbf{M}_{RS}^m = \left\langle \mathbf{M}_F^m, \mathbf{M}_X^m, \mathbf{M}_{FS}^m, \mathbf{M}_{XS}^m, \mathbf{M}_S^m, \mathbf{M}_{SY}^m, \mathbf{M}_{SF}^m, \mathbf{M}_Y^m, \mathbf{M}_\Phi^m \right\rangle \quad (2)$$

подсистемы \mathbf{S}^m представляет собой совокупность однозначных и избыточных частных моделей \mathbf{M}_S^m собственно подсистемы \mathbf{S}^m ; внешней среды на входе \mathbf{M}_F^m и выходе \mathbf{M}_Φ^m , модели связей внешней среды с подсистемой на входе \mathbf{M}_{FS}^m и выходе \mathbf{M}_{SF}^m , а также моделей расширенной внешней среды на входе \mathbf{M}_X^m и на выходе \mathbf{M}_Y^m подсистемы и связей \mathbf{M}_{XS}^m и \mathbf{M}_{SY}^m этой внешней среды с подсистемой. Следовательно, (2) является сильно связным графом \mathbf{G}_0^m , условием сильной связности которого является равенство

$$\mathbf{E} = \forall \Gamma(\mathbf{e}_i) , \quad (3)$$

где $\mathbf{E} = \{\mathbf{e}_i; i \in \mathbf{I}\}$, $\mathbf{I} = \{1, \dots, n_0\}$; $n_0 = |\mathbf{E}|$ - множество вершин \mathbf{G}_S^Σ ; Γ - отношение, которое задает соответствие между парами вершин графа \mathbf{G}_S .

Поскольку в сильно связном графе \mathbf{G}_S всегда имеется путь из любой вершины \mathbf{e}_i в любую вершину \mathbf{e}_j , где $(\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_j \in \mathbf{E})$, то на множестве внутренних вершин $\mathbf{e}_{v_i}^m$ могут быть определены множества \mathbf{E}_{VX}^m , \mathbf{E}_{VF}^m входных вершин $\mathbf{e}_{v_i}^m$, связанных единичными дугами с множествами \mathbf{E}_X^m , \mathbf{E}_F^m входных вершин $\mathbf{e}_{x_a}^m$ и $\mathbf{e}_{f_{0r}}^m$, соответствующих переменным x_a^m и f_{0r}^m , а также множества \mathbf{E}_Y^m , \mathbf{E}_Φ^m выходных вершин $\mathbf{e}_{v_i}^m$ графа \mathbf{G}_0^m .

Таким образом, методология, основанная на использовании ФЦПСМ, позволяет проводить ЭО СЧМ путем разбиения задач экспертизы в соответствии с системными принципами последовательного раскрытия неопределенности, определения необходимой информации на всех этапах ЭО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Имитационное моделирование производственных систем / Под ред. А.А. Вавилова. – М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. – 416 с.

Поступила в редколлегию 15.12.2000