

УДК 658.5.011.56

МОДЕЛИ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРА- РУКОВОДИТЕЛЯ

Е. А. Лавров

Доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой

Кафедра информационных систем в менеджменте
Национальный университет биоресурсов и
природопользования Украины
ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041
Контактный тел.: (050) 691-37-33
E-mail: prof_lavrov@mail.ru

Н. Б. Пасько

Старший преподаватель
Кафедра кибернетики и информатики
Сумской национальной аграрный университет
ул. Кирова, 160, г. Сумы, 40020
Контактный тел.: (050) 603-06-74
E-mail: pasko_nb@mail.ru

Розглядається задача формалізації процесу інформаційної підтримки оператора-керівника поліергатичних систем. Розроблена модель СППР для оператора-керівника при ухваленні рішень про закріплення функцій (заявок) за операторами

Ключові слова: інформаційна модель, оператор-керівник, інтерфейс, запит, алгоритм функціонування

Rassmatrivается задача формализации процесса информационной поддержки оператора-руководителя полиэргатических систем. Разработана модель СППР для оператора-руководителя при принятии решений о закреплении функций (заявок) за операторами

Ключевые слова: информационная модель, оператор-руководитель, интерфейс, запрос, алгоритм функционирования

The task of formalization of process of informative support of operator-leader is examined. The model of decision support systems is developed for an operator-leader. Made a decision about fixing functions after operators

Keywords: informative model, operator-leader, interface, query, algorithm of functioning

1. Введение

Одной из важнейших проблем эргономического обеспечения функционирования сложной полиэргатической системы (ПЭТС) является поддержка принятия решений оператором – руководителем (ОР). Исходя из занятости операторов, на основе анализа их индивидуальных особенностей, руководитель должен иметь возможность оценить эффективность решений по закреплению функций за операторами. Особенно это становится актуальным в системах, допускающих возникновение заявок на решение некоторых задач в случайные моменты времени. Проблема может быть решена созданием системы поддержки принятия решений о закреплении функций за операторами автоматизированных систем (СППР ЗФО). В работе [1] рассмотрены основные подходы относительно организации СППР ЗФО.

2. Анализ информационных потребностей ОР и постановка задачи исследования

Главной функцией любой СППР является информационное обеспечение процессов поддержки принятия решений в конкретной предметной области (ПО) [2]. В работе [3] определена информация, на основании которой ОР формирует образ реального состояния системы на заданный момент времени, проводит оценку закрепления за операторами поступившей к реализации заявки на выполнение функции, генерирует допустимые и выбирает оптимальный вариант. Исходя из информационных потребностей ОР, выделяются задачи, решение которых обеспечивает ОР информационную поддержку при закреплении им поступившей заявки на выполнение функции за операторами системы. Основные задачи: «идентификации заявки», «операторы, свободные от

выполнения плановых функций», «оценка алгоритмов функционирования», «выбор оптимального варианта закрепления функции», «влияние факторов рабочей среды». Анализ приведенного перечня задач позволил сформировать следующие требования. Система должна обеспечивать:

1. Анализ (в разных разрезах) модели текущего состояния операторов. Для определения функциональных подсистем и организации информационного обеспечения системы необходим ряд других локальных системных моделей.

2. Оценку характеристик качества и времени выполнения различных вариантов закрепления заявок за операторами.

3. Выбор оптимального варианта закрепления функции за операторами.

4. Возможность оценки влияния факторов (в т.ч. параметров рабочей среды) на показатели качества деятельности каждого оператора.

5. Поддерживать в актуальном состоянии базу данных и знаний ПО принятия решений по закреплению функций за операторами ПЭТС.

Исходя из анализа множества задач, которые должны быть решены ОР при закреплении функций между операторами, множества запросов ОР к СППР ЗФО и требований, сформированных к системе, определяем СППР ЗФО как совокупность функциональных компонентов, информационной модели для оператора-руководителя, а также баз данных и знаний, взаимодействие которых обеспечивает обработку запросов оператора-руководителя и информационную поддержку ему при принятии решения о закреплении функций за операторами ПЭТС.

Постановка задачи. Известны: 1) структурные элементы ПЭТС, режимы функционирования системы; 2) множество функций, выполняемых системой; 3) множество операторов системы; 4) закрепление плановых функций за операторами; 5) запланированное время выполнения закрепленных функций; 6) текущее плановое назначение; 7) множество функций, которые могут возникнуть в случайные моменты времени; 8) преимущественные возможности операторов по выполнению функций; 9) возможные алгоритмы выполнения плановых функций (в том числе несколькими способами); 10) плановая занятость операторов по выполнению закрепленных функций; 11) текущие условия труда на рабочем месте человека-оператора.

Необходимо:

1) предложить функциональную структуру СППР ЗФО так, чтобы обеспечить максимальную эффективность ПЭТС и выполнить ограничения на нормы деятельности операторов; 2) предложить структуру комплексных моделей системы, которые должны быть положены в основу информационного обеспечения системы.

3. Модель СППР ЗФО

3.1. Разработка подхода к формированию функциональной структуры.

В каждом конкретном случае функциональная структура СППР ЗФО будет определяться на основании перечня актуальных для ОР задач. В данной рабо-

те не основе анализа ряда реальных систем определим подход к формированию обобщенной функциональной структуры.

СППР ЗФО опишем моделью:

$$\text{МСППР} = \langle \text{ИМ}, \text{УФК}, \text{ИФК}, \text{БДЗн} \rangle, \quad (1)$$

где: ИМ – информационная модель для оператора-руководителя;

УФК – управляющий функциональный компонент. Основными задачами УФК являются: предоставление интерфейса ОР, поддержка базы данных и знаний системы и обработка элементов запроса ОР, которые не влекут за собой выполнение функциональных компонентов.

Обозначим эту часть запроса (подзапрос) и ответ на него через z_1 и a_1 , соответственно. Кроме этого, УФК компоненту полный ответ А для ОР и отображает его через ИМ;

ИФК = (ИФК₁, ИФК₂, ИФК₃) – исполнительные функциональные компоненты;

ИФК₁ – функциональный компонент оценки АФ. ИФК₁ обрабатывает ту часть запроса ОР, которая касается показателей качества АФ выполнения регламентных и случайных задач. Обозначим эту часть запроса и ответ на него через z_2 и a_2 , соответственно;

ИФК₂ – функциональный компонент выбора оптимального варианта закрепления функции за конкретным оператором. Аналогично предыдущему, часть запроса обозначаем через z_3 , ответ – через a_3 ;

ИФК₃ – функциональный компонент оценки условий труда оператора. ИФК₃ формирует ответ (обозначим через a_4) на часть запроса ОР (обозначим через z_4) о влиянии условий труда на показатели качества деятельности операторов ПЭТС.

БДЗн – база данных и знаний о закреплении ОР функций за операторами.

Так как содержание ИМ определяется совокупностью запросов ОР к системе, ответов на них и множеством элементов интерфейса с программными модулями для формирования ответа на запрос, модель ИМ выразим следующим кортежем:

$$\text{ИМ} = \langle Z, A, \text{INT} \rangle, \quad (2)$$

здесь: Z – запрос ОР к системе. $Z = (z_1, z_2, z_3, z_4)$; A – ответ на запрос, сформированный системой, $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$; INT – множества элементов интерфейса с программными модулями. В работе [3] разработана ИМ для оператора-руководителя ПЭТС, создающая основу для автоматизации процесса предоставления ОР информационной поддержки при принятии решения о закреплении функций за операторами.

Формализуем функции для управляющего и функциональных компонентов. Основной функцией для УФК является функция обработки запросов.

$$A = F(Z),$$

где:

$F = (\text{AlginZ}, \text{AlginAF}, \text{AlginOpt}, \text{AlginORM}, \text{AlgRez})$ – функция обработки запроса Z в виде комплекса алгоритмов:

AlginZ – алгоритм интерпретации запроса Z от ОР;
AlginAF – алгоритм инициации выполнения функционального компонента оценки АФ;

AlginOpt - алгоритм инициации выполнения функционального компонента выбора оптимального варианта закрепления функции за конкретным оператором;

AlginORM - алгоритм инициации выполнения функционального компонента оценки условий труда;
AlgRez – алгоритм компоновки результата А.

Функции ИФК связанные с решением задач оценки АФ и рабочего места оператора, а также с выбором оптимального варианта закрепления поступившей заявки за операторами ПЭТС.

В работе [4] предложено программное обеспечение, реализованное в среде MS Excel, осуществляющее оценку АФ согласно методологии функционально-структурной теории эргатических систем проф. А.И.Губинского.

Программа оценки влияния условий труда на показатели качества деятельности операторов описана в [5,6].

В общем виде функция ИФК_i (i=1, 2, 3) запишется таким образом:

$$a_{i+1}=f(z_{i+1}), \quad (4)$$

где: f – функция обработки подзапроса z_{i+1} в виде комплекса алгоритмов выполнения i - го функционального компонента и формирования результата a_{i+1} (как результата обработки подзапроса z_{i+1}). Здесь индекс i+1 используется с учетом формулы (2). Алгоритмы приведены в табл. 1.

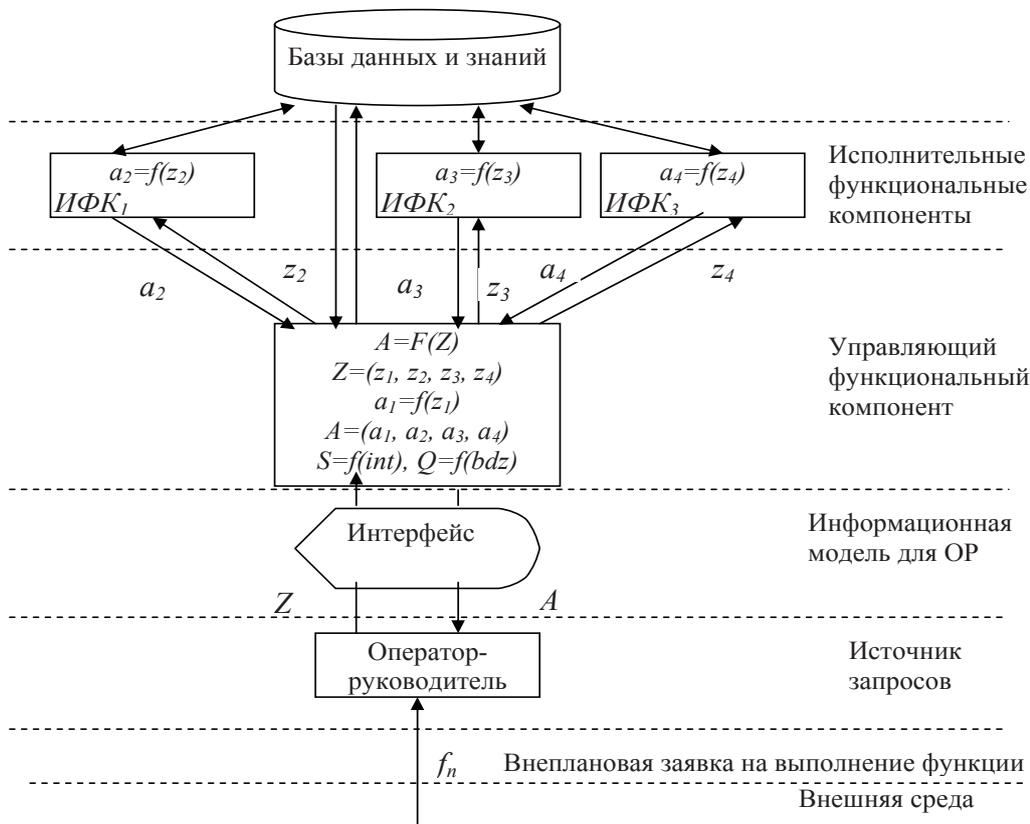


Рис. 1. Обобщенная функциональная модель СППР ЗФО

Следующей функцией для УФК будет функция обработки подзапроса z₁:

$$a_1=f(z_1), \quad (3)$$

где: f=(Alg_{qbd}, Alg_{rez1}) - функция обработки подзапроса z₁ в виде комплекса алгоритмов; Alg_{qbd} – алгоритм работы с базами данных и знаний; Alg_{rez1} – формирование результата a₁ (как результата обработки подзапроса z₁).

Так как задачами УФК является предоставления интерфейса ОР и поддержка базы данных и знаний системы, то выделяем еще две функции для управляющего компонента. S=f(int) - функция предоставления интерфейса ОР. Функция представляется в виде комплекса алгоритмов AlgInt обработки событий, связанных с элементами управления интерфейса. Q=f(bdzn) – функция поддержки баз данных и знаний системы в актуальном состоянии. Функция представляется в виде комплекса алгоритмов AlgBDZn ведения справочных, оперативных баз данных и баз знаний.

Таблица 1

Алгоритмы выполнения ИФК_i и формирования результата

Исполнительный функциональный компонент	Алгоритм выполнения ИФК _i	Алгоритм формирования результата a _{i+1}
ИФК ₁	AlgAF- алгоритмы оценки АФ	Alg _{rez2}
ИФК ₂	AlgOpt- алгоритмы выбора оптимального варианта закрепления функции за конкретным оператором	Alg _{rez3}
ИФК ₃	AlgORM - алгоритмы оценки условий труда	Alg _{rez4}

Таким образом, обобщенную функциональную модель СППР ЗФО можно представить схемой, показанной на рис. 1.

3.2.Разработка подхода к информационному обеспечению СППР ЗФО. Для организации информационного обеспечения системы необходим ряд системных

моделей, позволяющих формализовать объекты исследуемой ПЭТС. Системные модели строим, используя подход к унифицированному представлению информации об объектах ПЭТС в виде перечня баз знаний и данных, описанный в [7]. Базы знаний и данных содержат информацию о компонентах исследуемой системы (компонентных структурах) и взаимосвязях между объектами (морфологических структурах). Среди них: компонентно-системная, компонентно-элементная, компонентно-функциональная, компонентно-режимная, компонентно-квалитетная структуры.

Особую важность для данной задачи имеет модель, описывающая текущее состояние занятости операторов. Компоненты модели отображают по каждому оператору системы информацию о запланированных функциях; на какой стадии выполнения находятся функции (период времени до конца выполнения функции); возможно ли прерывание выполнения этих функций и др. Данную модель назовем «модель плановой занятости операторов» и представим в виде кортежа:

$$MPI = \langle \{LETS_i; OP_i; \{PpN_{ik}; PpK_{ik}\} | k=1,2,...,n; \{Fpl_{ij}; TN_{ij}; TK_{ij}; TPr_{ij}; Vур_{ij}; TF_{ij}; PR_{ij}\} | j=1,2,...,m_i \} | i=1,2,...,K_0 \rangle, (5)$$

где: $LETS_i$ – i -я локальная ЭТС; OP_i – i -й оператор; PpN_{ik} – начало k – го планового перерыва; PpK_{ik} – конец k – го планового перерыва; n – количество плановых перерывов; Fpl_{ij} – j -я плановая функция i –го оператора; TN_{ij} , TK_{ij} , TPr_{ij} , TF_{ij} – время начала выполнения, время завершения выполнения, время прерывания выполнения, фактическое время завершения j -й плановой функции i -го оператора, соответственно; $Vур_{ij}$ – отметка о выполнении j -й плановой функции i -го оператора; PR_{ij} – приоритет j -й плановой функции i -го оператора. Приоритет функции определяется десятибалльной шкалой; m_i – количество плановых функций i -го оператора; K_0 – количество операторов.

Рассмотрим пример ПЭТС, в состав которой входит четыре локальных ЭТС ($LETS_1, LETS_2, LETS_3, LETS_4$). За четырьмя операторами (OP_1, OP_2, OP_3, OP_4) на некоторый период времени закреплены десять плановых функций ($f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_9, f_{10}$): За оператором OP_1 закреплены функции f_1 и f_2 , за оператором OP_2 – f_3, f_4 и f_5 , за оператором OP_3 – f_6 и f_7 , за оператором OP_4 – f_8, f_9 и f_{10} . Известны приоритеты функций, плановые перерывы операторов, запланированное время выполнения каждой оператором каждой плановой функции. Заявка $S(f_n, tn_n, tk_n)$ на выполнение функции f_n поступает в момент времени tn_n . Директивное время завершения выполнения поступив-

шей функции tk_n . Приоритет функции – Pr_n . Для того чтобы принять решение о закреплении поступившей функции за операторами, оператору-руководителю необходимо выяснить, какие операторы не заняты выполнением плановых функций и не находятся на перерыве на период выполнения поступившей функции (с момента времени tn_n по момент времени tk_n).

Сформулированная задача может быть подана схемой, показанной на рис. 2, а информация, описывающая плановую занятость операторов в соответствии с формулой (5), - таблицей (табл. 2):

Таблица 2

Плановая занятость операторов ПЭТС

ЛЭТС	Оператор	Время перерывов		Функция	Время выполнения функции			Приоритет функции
		Начало	Конец		Начало	Конец	Выполнена	
LETS ₁	OP ₁	PpN ₁	PpK ₁	f ₁	tn ₁	tk ₁	True	Pr ₁
				f ₂	tn ₂	tk ₂	False	Pr ₂
LETS ₂	OP ₂	PpN ₂	PpK ₂	f ₃	tn ₃	tk ₃	True	Pr ₃
				f ₄	tn ₄	tk ₄	False	Pr ₄
				f ₅	tn ₅	tk ₅	False	Pr ₅
LETS ₃	OP ₃	PpN ₃	PpK ₃	f ₆	tn ₆	tk ₆	True	Pr ₆
				f ₇	tn ₇	tk ₇	False	Pr ₇
LETS ₄	OP ₄	PpN ₄	PpK ₄	f ₈	tn ₈	tk ₈	False	Pr ₈
				f ₉	tn ₉	tk ₉	False	Pr ₉
				f ₁₀	tn ₁₀	tk ₁₀	False	Pr ₁₀

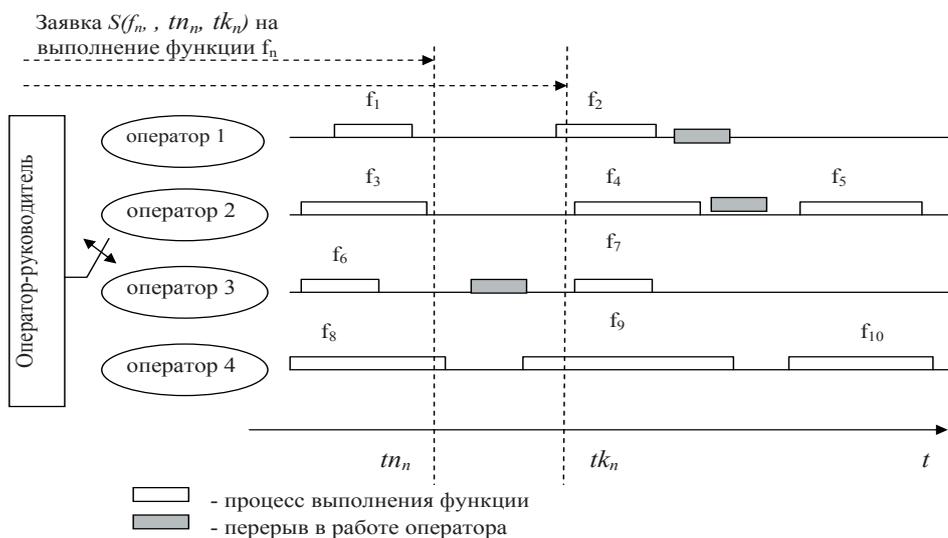


Рис. 2. Задача закрепления функции за оператором

Информация об операторах, не занятых выполнением плановых функций и не находящихся на перерыве (подзапрос z_1), определяется по формуле (3) как значение следующего предиката:

P – предикат: $((MIN(\text{«время начала выполнения функции»}) > tn_n$

И $(\text{«функция выполнена»} = \text{«False»})$ И $(\text{«время начала перерыва»} > tk_n$

ИЛИ «время конца перерыва» < tn_n)

Формула (3), кроме определения значения предиката Р, с помощью алгоритма Alg_{rez1} формирует результат в виде, необходимом оператору-руководителю: $a_1 = \{OP_2, tn_4, tk_4\}$. Здесь OP_2 – свободный от выполнения функций оператор, tn_4, tk_4 – время начала и время завершения им следующей функции.

Кроме указанных моделей, важными являются также:

1) профессионально-морфологическая модель, описывающая подготовленность операторов к выполнению задач разных типов [3];

2) модель, характеризующая надежность выполнения операций каждым оператором [3].

3) модель, описывающая индивидуальные алгоритмы выполнения каждым оператором каждого типа заявки [4].

Основой для построения этой модели является аппарат функциональных сетей функционально-структурной теории эрготехнических систем школы проф. А.И.Губинского.

Описанные модели являются основой для формирования баз данных и знаний.

Выводы

Разработана модель СППР для оператора-руководителя ПЭТС, создающая

основу для автоматизации процесса предоставления ОР информационной поддержки при принятии решения о закреплении за конкретными операторами поступивших заявок на выполнение функции. Предложены функциональная структура и комплексные модели системы, которые должны быть положены в основу информационного обеспечения СППР.

Литература

1. Е.А.Лавров, Н.Б.Пасько Подход к поддержке принятия решений о распределении функций между операторами АСУ// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы управления. - Харьков, 2008 - 2/2 (32) - 2008. - С. 63-67.
2. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2004. — 614 с.
3. Е.А. Лавров, Н.Б. Пасько. Информационная модель для поддержки принятия решений оператором-руководителем// Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Сер. Системы управления. - Харьков, 2009. - С.49-53.
4. E. Lavrov, N. Pasko Ergonomic support activities . Decision support system for operator-leader.// International Scientific Conference «UNITECH 09».Proceedings.20-21 November 2009, Gabrovo, Bulgaria. - Gabrovo: University Publishing House «V.APRILOV», 2009. - Volume 1. - Pp 364-372.
5. Є.А. Лавров, Н.Б. Пасько. Інформаційна технологія оцінки умов праці людини-оператора в автоматизованих системах// Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". – Суми: СНАУ, 2009. - Випуск 1(20). – С. 81-91.
6. Лавров Е.А, Пасько Н.Б. Автоматизация оценки условий труда на рабочем месте человека-оператора // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Одеса: ОДАБА, 2009- Вип. 36 -С. 250-256.
7. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник/ Адаменко А.Н., Ашерев А.Т., Лавров Е.А. и др. под общ. ред. Губинского А.И. и Евграфова В.Т. - М.: Машиностроение, 1993. - 528с.