

УДК 65.014:519.812.3

Екатерина АНТИПОВА

rinaredka@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9012-5290

Игорь КОВАЛЕНКО

igor.kovalenko@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2655-6667

Сергей УСТЕНКО

ustenko.s.a@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4968-1233

г. Николаев

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ЛИНЕЙНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

В условиях динамичной рыночной среды актуальными являются вопросы анализа, проектирования и построения оптимальных организационных структур в соответствии с определенными критериями. Целью работы является разработка информационной технологии, в основе которой лежит формирование трех групп критериев оптимальности линейно-функциональных организационных структур. Анализ топологических свойств графа организационной структуры дает возможность сделать вывод о том, как следует перестроить организационную структуру, чтобы она стала более оптимальной с точки зрения критерия затрат на ее содержание и критерия системных характеристик. Для оптимизации структуры с точки зрения критерия информационных потоков была построена модель, которая представлена интенсивностью потока информации, количеством и ценностью информации. В работе также рассмотрены основные положения теории свидетельств, теории правдоподобных и парадоксальных рассуждений, методы перераспределения конфликтов и нечеткие отношения. Рассмотренная в работе информационная технология представляет задачу выбора оптимальной организационной структуры в виде многокритериальной задачи поддержки принятия решений.

Ключевые слова: линейно-функциональные организационные структуры, критерии оптимизации, ранжирование альтернатив, конфликтные свидетельства, комбинирование уверенностей.

Линейно-функциональные организационные структуры (ЛФОС) широко используются на практике и характерны для подавляющего большинства отечественных предприятий. ЛФОС обеспечивает такое разделение управленческого труда, при котором линейные связи осуществляют иерархическое командование между участниками структуры, а функциональные – консультирование, помощь линейным руководителям в решении конкретных задач и подготовке соответствующих решений, программ, планов и др. Руководители функциональных подразделений (по маркетингу, финансам, НИОКР, персоналу) осуществляют влияние на производственные подразделения формально – через установление стандартов деятельности (должностные инструкции, положения, расписания, приказы и т. п.).

Следует отметить, что ЛФОС, функционирующие в условиях динамичной рыночной среды, сталкиваются с постоянными изменениями условий хозяйствования, что влечет за собой необходимость корректировки как стратегических целей развития организации в целом, так и текущих планов [7]. Поэтому актуальными являются вопросы анализа, проектирования и построения оптимальных ЛФОС в соответствии с определенными критериями. Анализ научных публикаций последних лет [1, 2, 4 и др.], посвященных построению оптимальных ЛФОС указывает на наличие различных подходов. Так например, в работе [2] задача поиска оптимальной иерархической организационной структуры решается на основе минимизации затрат на ее содержание. В работе [4] оптимальная организационная структура определяется по критерию качества, который характеризует общесистемные топологические свойства ЛФОС: управляемость, компактность, устойчивость.

В целом такие подходы можно охарактеризовать, как однокритериальные задачи поиска оптимальных организационных структур. Работа [4] посвящена рассмотрению совместного

использования двух указанных критериев, что приводит к решению задачи многокритериального поиска оптимальных структур.

Вместе с этим, необходимо указать на то, что рассмотренные подходы не учитывают наличие функциональных (горизонтальных) связей ЛФОС, которые вносят свой вклад в задачу построения оптимальных иерархических структур. Такие связи могут быть оценены по критерию информационной нагрузки (количеством информации) менеджеров функциональных подразделений ЛФОС.

Целью работы является разработка информационной технологии, в основе которой лежит формирование критериев оптимальности ЛФОС, учитывающих основные виды связей для последующего решения задачи выбора оптимальной организационной структуры с применением современных методов экспертного оценивания.

Общая структура информационной технологии выбора оптимальной ЛФОС представлена на рис. 1. Рассмотрим ее основные составляющие более подробно.

1. Модель информационных связей ЛФОС

Такую модель можно представить с точки зрения информационных потоков, существующих в процессе функционирования ЛФОС. Предварительно дадим определение информационного потока.

Под информационным потоком (I_n) будем понимать случайный массив информационных сообщений, который определяется интенсивностью и количеством информации на определенном временном интервале, а также характеризуется наличием информационных связей, видами и формами представления информации. Данное определение позволяет описать I_n рядом моделей дескриптивного характера.

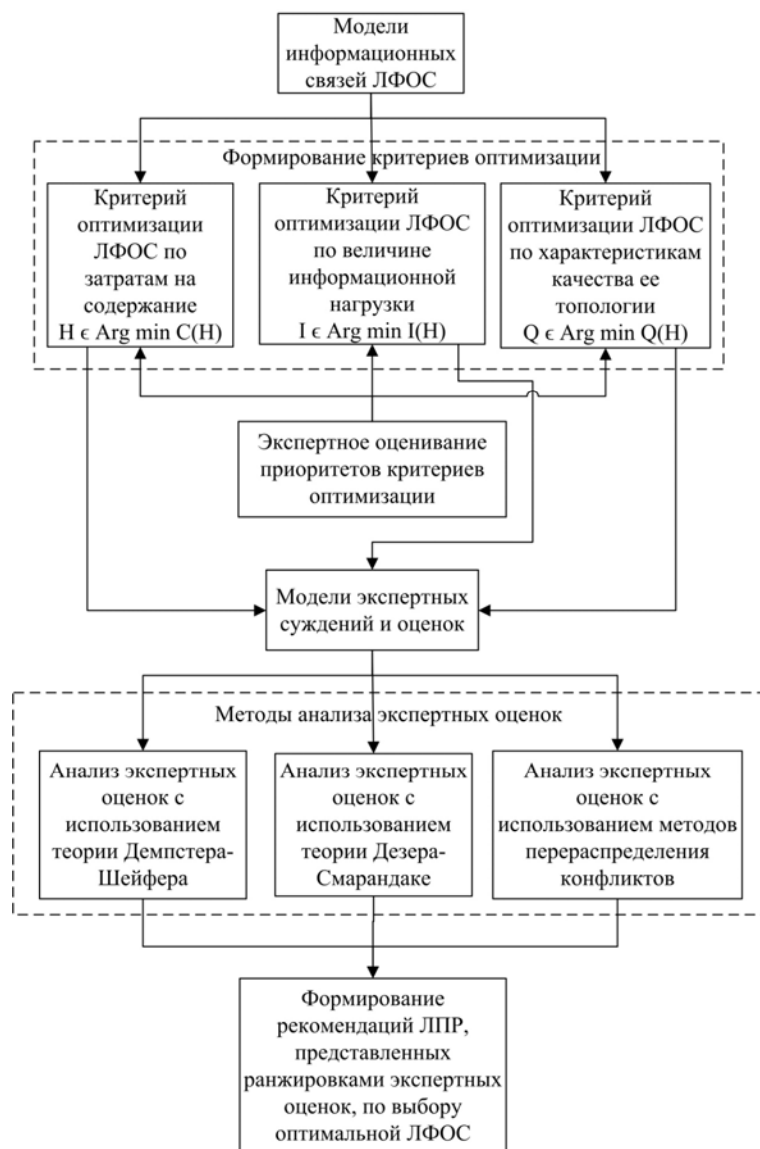


Рис. 1. Структура информационной технологии выбора оптимальной ЛФОС

Дескриптивную модель I_{DM} информационного потока I_{II} можно представить следующей системой кортежей:

$$I_{II} \Rightarrow \begin{cases} I_{DM} = \langle I_{ис}, I_{ви}, I_{фпи} \rangle, \\ I_{ис} = \langle I_{в}, I_{г}, I_{вн} \rangle, \\ I_{ви} = \langle I_{т}, I_{к}, I_{у} \rangle, \\ I_{фпи} = \langle I_{бн}, I_{мн}, I_{ви} \rangle. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь: $I_{ис}$ – кортеж информационных связей, который в соответствии с ЛФОС (рис. 2) представлен следующими составляющими: вертикальные ($I_{в}$), горизонтальные ($I_{г}$) и внешние ($I_{вн}$) связи; $I_{ви}$ – кортеж видов информации: технологическая ($I_{т}$), коммуникационная ($I_{к}$), управленческая ($I_{у}$); $I_{фпи}$ – кортеж форм представления информации: на бумажных носителях ($I_{бн}$), магнитных носителях ($I_{мн}$), вербальная информация ($I_{вб}$).

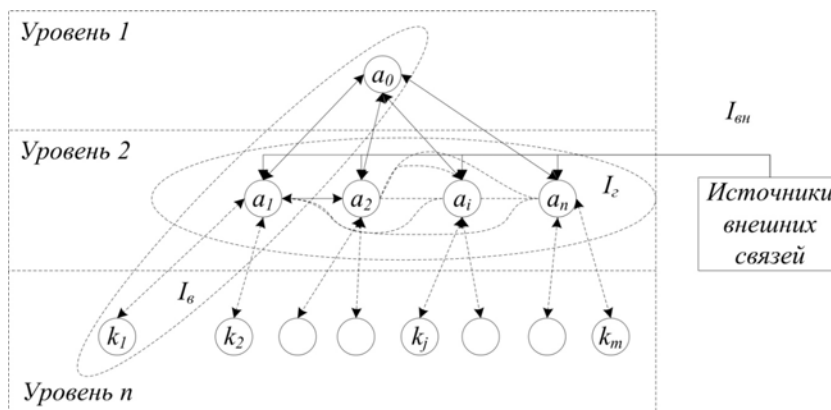


Рис. 2. ЛФОС и виды информационных связей
 a_0 – топ-менеджер; $(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$ – менеджеры высшего звена

Рассмотрим содержание основных компонентов системы кортежей (1). Наличие вертикальных информационных связей ($I_{в}$) определяется иерархичностью организационной структуры и взаимным подчинением ее элементов (подразделений), выполняющих определенные производственные задания. Информационные потоки в таких связях несут в себе сообщения, представленные содержимым приказов, распоряжений, инструкций и других нормативных документов. Горизонтальные связи ($I_{г}$) обусловлены взаимодействием различных подразделений, которое направлено на достижение единой цели, и обеспечивается должностными инструкциями, положениями об отделе (подразделении), регламентами и т.п. В основе внешних информационных связей ($I_{вн}$) лежит взаимодействие с министерствами и ведомствами, государственными административными органами и др.

Представленная модель (1) учитывает наличие вертикальных (линейных), горизонтальных (функциональных) связей, а также топологические характеристики ЛФОС, которая представляет собой иерархию H и описывается ориентированным ациклическим графом $G = \langle V, E \rangle$ с множеством вершин V и множеством дуг E . Это позволяет сформировать ряд критериев оптимизации таких иерархий.

2. Критерии оптимизации ЛФОС

Исходя из рассмотренного назначения вертикальных связей иерархии H , в качестве критерия оптимизации ЛФОС целесообразно использовать критерий затрат на ее содержание: $H_{opt} \in \text{Arg min } C(H)$, где C – величина затрат. В качестве свойств H , определяющих такой критерий, выступают следующие:

1. Отсутствие дублирования, при котором два менеджера m_1 и m_2 управляют одной и той же группой исполнителей $V_j, j = 1..n$:

$$\{(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \cap \{(V_1^{(2)}, V_2^{(2)}, \dots, V_n^{(2)}) \in m_2\} = \emptyset.$$

2. Если менеджер m_1 непосредственно подчиняется менеджеру m_2 ($m_1 \in m_2$), тогда последний не управляет подчиненными первого:

$$(V_1^{(1)}, V_2^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \notin m_2.$$

3. Наличие только одного менеджера (топ-менеджера) m_0 , который не имеет начальников и которому подчинены все остальные менеджеры и исполнители организации:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1, (V_1^{(2)}, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2, \dots, (V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\} \in m_0.$$

4. Норма управляемости r (количество подчиненных у менеджера) в рамках одной организации постоянна ($r=const$), т. е. каждый ее менеджер имеет примерно одинаковое количество подчиненных:

$$(r_{m_1} \approx r_{m_2} \approx \dots \approx r_{m_k}).$$

5. Наличие симметричности в организационной иерархии, когда топ-менеджер (m_0) делит группу исполнителей между менеджерами на примерно равные части или пропорции:

$$\{(V_1^{(1)}, \dots, V_n^{(1)}) \in m_1\} \approx \{(V_1^{(2)}, \dots, V_r^{(2)}) \in m_2\} \approx \dots \approx \{(V_1^{(d)}, \dots, V_k^{(d)}) \in m_d\}.$$

6. Количество менеджеров в оптимальной иерархии с нормой управляемости r на множестве из n исполнителей равно:

$$M = (n - 1) / (r - 1).$$

В качестве критерия оптимизации ЛФОС, определяемого наличием горизонтальных связей, рассмотрим аналитическую модель $I_{ам}$, которую можно представить следующим кортежем:

$$I_{ам} = \langle I_{инп}, I_{кип}, I_{ци} \rangle, \quad (2)$$

где $I_{инп}$ – интенсивность информационного потока, которая с позиции случайных потоков (процессов) определяется величиной λ (средним числом поступающих сообщений в единицу времени); $I_{кип}$ – количество информации потока, определяемого энтропией H :

$$I_H = H(x) = -\sum_{i=1}^n P(x_i) \log_2 P(x_i), \quad (3)$$

где n – количество возможных сообщений (в примере $n = \lambda$, среднее число сообщений в единицу времени); $I_{ци}$ – ценность информации, для нахождения которой может быть применена мера ценности Бонгарда и Харкевича:

$$I_{ци} = \log_2 \frac{P}{p},$$

где P – вероятность достижения цели после получения информации; p – вероятность достижения цели до получения информации, зависит от полного количества информации I_H , определяется по формуле $p = 2^{-I_H}$.

Указанная выше формула ценности информации даёт и количество ценной информации. Например, если $P=1$, а $p=1/n$ (для n равновероятных исходов – предварительная осведомленность, т.е. априорная информация отсутствует), то $I_{ци} = \log_2 n$ – максимальное количество информации в данной ситуации [5].

В качестве критерия оптимизации ЛФОС, определяющего особенности ее топологии, рассмотрим критерий качества системных характеристик Q :

$$Q_{opt} \in Arg \max Q(H),$$

где Q – показатель качества топологических характеристик иерархии.

К числу таких характеристик можно отнести следующие:

- управляемость организационной структуры (информационная нагрузка элементов структуры, неоднородность информационной нагрузки);
- компактность организационной структуры (диаметр графа, радиус графа, высота дерева, сбалансированность дерева);

– устойчивость организационной структуры (число внешней устойчивости, число внутренней устойчивости).

Одним из критериев управляемости является информационная нагрузка. Она интерпретируется величиной степени соответствующей вершины V_i графа $G = \langle V, E \rangle$, которая определяется числом ребер, инцидентных V_i и обозначается $\deg V_i$. Минимальная степень вершин графа G определяется выражением:

$$\min \deg G = \min \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

Максимальная степень вершин G записывается выражением:

$$\max \deg G = \max \{ \deg V_1, \deg V_2, \dots, \deg V_n \}.$$

Системно обоснованной и оптимальной характеристикой числа управленческих связей на высших уровнях структуры является степень вершины равная семи, т. е. $\deg V_i \leq 7$ [2].

Радиус графа $R(G)$, как один из критериев компактности структуры, характеризует наименьшее из максимальных значений расстояний от некоторой фиксированной вершины V_0 до всех остальных вершин, т.е.

$$R(G) = \min \max \{ d_1(V_0, V_1), d_2(V_0, V_1), \dots, d_m(V_0, V_{n1}) \}.$$

Множество вершин графа $G(V, E)$ называется внутренне устойчивым (независимым), если никакие две вершины из этого множества несмежны. Число вершин в наибольшем независимом множестве графа G называется числом внутренней устойчивости:

$$\alpha_0(G) = \max \{ |S_i| \}, S_i = V,$$

где S_i – внутренне устойчивые подмножества, а $|S_i|$ – количество элементов в S_i .

Как критерий устойчивости структуры, число $\alpha_0(G)$ определяет множество независимости участников управленческой деятельности, чем больше данное число, тем больше степеней свободы имеет организационная структура.

3. Модели экспертных суждений и оценок

Оценивание выбранных критериев оптимизации ЛФОС выполняется в процессе проведения экспертизы и получения экспертных оценок Ω , характеризующих различные формы экспертных суждений. Такие суждения могут иметь различный характер – они могут быть согласованными ($\omega_1 = \omega_2 = \dots = \omega_n$), совместимыми ($\omega_1 \subseteq \omega_2 \subseteq \dots \subseteq \omega_n$), могут произвольным образом объединяться ($\omega_1 \cup \omega_2 \cup \dots \cup \omega_n$) и пересекаться ($\omega_1 \cap \omega_2 \cap \dots \cap \omega_n$). Для анализа таких оценок и форм их взаимодействия, которые характеризуют различные виды неопределенностей, в рассматриваемой информационной технологии используются: теория свидетельств Демпстера-Шейфера (ТДШ), теория правдоподобных и парадоксальных рассуждений Дезера-Смарандаке (ТДС), методы перераспределения конфликтов и нечеткие отношения [8].

4. Методы анализа экспертных суждений и оценок

Рассмотрим основные положения перечисленных теорий, которые выбраны для моделирования неопределенностей, вносимых суждениями экспертов.

В основе теории свидетельств (ТДШ) лежит понятие основы анализа, которая представляется множеством элементов (оценок) $\Omega = \{ \omega_i \mid i = \overline{1, n} \}$. Предполагается, что Ω представляет собой множество исчерпывающих (всех возможных в данной ситуации) элементов и взаимно исключаемых (уникально определенных и отличных от других) элементов ω_i . При этом априори известно, что только единственный элемент $\omega_0 \in \Omega$ является истинным в каждой конкретной ситуации. На основе анализа Ω могут быть сформированы произвольные подмножества элементов $A_i \in \Omega$ при предположениях (свидетельствах), что в действительности ω_0 может принадлежать каждому из этих подмножеств. Свидетельством называют любые источники информации, на основе которых могут быть получены интересующие нас оценки степеней уверенности. Таким подмножествам экспертным путем назначаются степени уверенности (основные массы вероятностей $m(A_i)$) того, что истинный элемент ω_0 может находиться в любом из этих подмножеств. Наряду с назначениями масс вероятностей $m(A_i)$ на подмножествах основы анализа Ω , концептуальную основу ТДШ составляют такие понятия, как

«функция уверенности» (Bel) и «функция правдоподобия» (Pl), которые определяют степени поддержки отдельным подмножествам $A_i \in \Omega$.

Если на одной и той же основе анализа Ω назначения степеней уверенности (основных масс вероятности) выполняют несколько независимых экспертов, то возникает задача комбинирования этих назначений. Такая задача решается на основе различных правил комбинирования свидетельств. Одно из таких правил (правило Демпстера) можно представить в следующем виде:

$$m_{DSH}(W) = \frac{1}{1 - K_{12}} \cdot \sum m_1(W_1) \cdot m_2(W_2),$$

где W_1, W_2 – группы экспертных свидетельств, полученные из 1-го и 2-го независимых источников (экспертов); K_{12} – коэффициент конфликтности, который определяется как

$$K_{12} = \sum m_1(W_1) \cdot m_2(W_2).$$

Теория правдоподобных и парадоксальных рассуждений (ТДС) рассматривается, как более углубленный вариант ТДШ в том плане, что она может оперировать с более сложными формами неопределенностей, когда элементы основы анализа ω_i могут в значительной степени перекрываться. Поэтому полностью выделить различающиеся ω_i не представляется возможным. В основе концепции ТДС лежат понятия свободной и гибридной модели.

Свободная модель, обозначаемая как $M(\Omega)$, рассматривает Ω только как основу исчерпывающих элементов $\omega_i | i = \overline{1, n}$, которые потенциально могут перекрываться.

Гибридная модель определяется у свободной модели путем введения некоторых ограничений общности на некоторые подмножества элементов A_i из множества всех возможных подмножеств D^Ω , при $A_i \neq \emptyset$. Так же, как и в теории свидетельств, в ТДС присутствует правило комбинирования, отражающее конъюнктивный консенсус между различными группами свидетельств:

$$m_{DS}(W) = \sum_{i=1}^m m_i(W_i),$$

где $m_i(W_i)$ – основные массы уверенности.

К сожалению, ряд правил комбинирования уверенностей, основанных на конъюнктивном консенсусе, не всегда позволяют учитывать степень пересечения фокальных элементов основы анализа Ω . Такой учет может быть осуществлен с помощью различных методов перераспределения конфликтов, рассмотренных в работах [6,7,8]: взвешенный оператор (ВО) [Weighted Operator (WO)], взвешенный усредненный оператор (ВУО) [Weighted Average Operator (WAO)], правила minC, PCR1, PCR2, PCR3, PCR4, PCR5 и др. Из перечисленных правил наиболее мощным в плане точности результатов комбинирования уверенностей считается правило PCR5, которое для случая двух групп свидетельств рассчитывается по следующему выражению:

$$m_{PCR5}(W) = m(W) + \sum \left[\frac{m_1(W_1) \cdot m_2(W_2)}{m_1(W_1) + m_2(W_2)} + \frac{m_2(W_2) \cdot m_1(W_1)}{m_2(W_2) + m_1(W_1)} \right],$$

где $m(W)$ – комбинированная масса уверенности для подмножества W , рассчитанная на основе конъюнктивного консенсуса.

5. Формирование рекомендаций ЛПР по выбору оптимальной ЛФОС

Рассматриваемая информационная технология позволяет получать такие рекомендации в форме различных видов отношений (эквивалентности или подобия, нестрогого или строгого порядка). При этом такие отношения должны иметь определенный ряд свойств [3]. Например, отношение подобия (эквивалентности), вида $H_1 \succ H_2 \succ \dots \succ H_n$ (H -иерархия), существует при выполнении условий симметричности, рефлексивности и транзитивности. Отношение нестрогого порядка $H_1 \succ H_2 \succ H_3 \succ H_4 \succ \dots \succ H_n$ должно соответствовать условиям антисимметричности, рефлексивности и транзитивности. Наконец, отношение строгого порядка $H_1 \succ H_2 \succ H_3 \succ \dots \succ H_n$ обеспечивается наличием свойств антирефлексивности и транзитивности [3]. Рассмотренные формы представления рекомендаций позволяют ЛПР провести выбор наиболее приемлемой ЛФОС.

Рассмотренная информационная технология основана на учете основных видов связей, присутствующих в ЛФОС. Это позволяет обоснованно сформировать систему критериев ее оптимизации и представить задачу выбора иерархий в виде многокритериальной задачи поддержки принятия решений. Непосредственно сама процедура выбора реализуется с использованием современных методов моделирования неопределенностей, которые проявляются в виде конфликтов в процессе экспертного оценивания ЛФОС.

Список используемой литературы

1. Губко М. В. Математические модели оптимизации иерархических структур [Текст] / М. В. Губко. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — 264 с.
2. Дилигенский Н. В. Комплексная оценка эффективности организационной структуры газораспределительной организации [Текст] / Н. В. Дилигенский, В. И. Немченко, М. В. Посашков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. том 14. — № 4 (5). — 2012. — С. 1445—1450.
3. Коваленко И. И. Информационная технология выбора решений на основе нечетких отношений предпочтения [Текст] / И. И. Коваленко, Е. А. Антипова // Проблемы информационных технологий. — Херсон, 2015. — № 2 (018). — С. 31—35.
4. Коваленко И. И. Моделирование и анализ структур организационных систем [Текст] / И. И. Коваленко, С. К. Чернов. — Николаев : Издатель Торубара В. В., 2015. — 124 с.
5. Коваленко И. И. Модель информационных потоков линейно-функциональной организационной структуры управления крупным наукоемким предприятием [Текст] / И. И. Коваленко, Е. А. Антипова, Ю. П. Кучара // Наукові праці. — Вип. 271. Т. 283. Комп'ютерні технології. — Николаев : Изд-во ЧГУ имени Петра Могилы, 2016. — С. 39—45.
6. Beynon M. J. DS/AHP method; a mathematical analysis, including an understanding of uncertainty [Text] / M. J. Beynon // European Journal of Operational Research. — 2002. — Vol. 140. — PP. 148—164.
7. Smarandache F. Advances and applications of DSmT for information fusion [Text] / F. Smarandache, J. Dezert // Rehoboth: American Research Press, 2006. — Vol. 2. — 461 p.
8. Smarandache F. Unification of Fusion theories (UFT) [Text] / F. Smarandache // International Journal of Applied Mathematics and Statistics. — 2004. — Vol. 2. — PP. 1—14.

Kateryna ANTIPOVA, Igor KOVALENKO, Sergiy USTENKO
Mykolaiv

INFORMATION TECHNOLOGY OF OPTIMAL LINEAR-FUNCTIONAL ORGANIZATIONAL STRUCTURES SELECTION

Analysis, design and construction of optimal organizational structures in accordance with certain criteria are relevant issues in a dynamic market environment. This work is devoted to the development of information technology, which is based on the formation of linear-functional organizational structures optimality criteria. Analysis of the topological properties of the organizational structure's graph makes it possible to decide how to rebuild the organizational structure, in order to make it more optimal due to the criteria of maintenance cost and of system characteristics. In order to optimize structures due to the criteria of information flow the model was developed which consists of information flow intensity, quantity and quality of information. The paper also describes the basics of the theory of evidence, the theory of plausible and paradoxical reasoning, methods of conflict redistribution and fuzzy relations. Introduced information technology presents the problem of choosing the optimal organizational structure in the form of multi-criteria decision support.

Keywords: linear-functional organizational structures, optimization criteria, the ranking of the alternatives, conflicting evidence, combining confidence.

Катерина АНТИПОВА, Ігор КОВАЛЕНКО, Сергій УСТЕНКО
м. Миколаїв

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ЛІНІЙНО-ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУР

В умовах динамічного ринкового середовища актуальними є питання аналізу, проектування і побудови оптимальних організаційних структур відповідно до визначених критеріїв. Метою роботи є розробка інформаційної технології, в основі якої лежить формування критеріїв оптимальності лінійно-функціональних організаційних структур. В роботі також розглянуті основні положення теорії свідств, теорії правдоподібних і парадоксальних міркувань, методи перерозподілу конфліктів і нечіткі відносини. Розглянута в роботі інформаційна технологія представляє задачу вибору оптимальної організаційної структури у вигляді багатокритеріальної задачі підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: лінійно-функціональні організаційні структури, критерії оптимізації, ранжування альтернатив, конфліктні свідства, комбінування переконань.

Стаття надійшла до редколегії 10.03.2017