

Модель управления полиструктурной системой на основе оценки и выбора альтернатив методом попарных сравнений

Д.Н. Тимофеев¹, В.В. Шведенко², О.В. Щекочихин¹

*¹Костромской государственный университет
²ООО Регул +*

Аннотация: При управлении сложными системами, например, промышленным предприятием, организацией, социально-экономической системой и пр. требуется учитывать тот факт, что их можно рассматривать как полиструктурные системы, т.е. как набор гетерогенных систем, связанных между собой. Под полиструктурной системой понимают множество разнообразных компонентов, отличающихся физическими свойствами, функциональным назначением, сложностью внутренней структуры, представляющих собой единое целое. В статье рассматривается управление полиструктурной системой на основе подготовки принятия управленческого решения экспертами, которые могут оценить альтернативу с позиций специалиста нескольких элементов полиструктурной системы. Для разработки методик определения и выбора обоснованного управленческого решения полиструктурная система рассматривается с позиции теории систем и системного анализа. Разработана математическая модель, которая является основой создания информационного и алгоритмического обеспечения управления полиструктурной системой.

Ключевые слова: управление полиструктурной системой, выбор управленческого решения, показатели, проблемная ситуация, метод анализа иерархий, снижение сложности экспертизы.

Введение

При управлении сложными системами, например, промышленным предприятием, организацией, социально-экономической системой и пр. требуется учитывать тот факт, что их можно рассматривать как полиструктурные системы, т.е. как набор гетерогенных систем, связанных между собой. Признаками, по которым можно представить систему как полиструктурной, являются свойства объектов и набор функций, присущих только одному классу систем, например, на промышленном предприятии можно выделить организационные, технические, экономические, финансовые и другие системы. Под полиструктурной системой понимают множество разнообразных компонентов, отличающихся физическими свойствами, функциональным назначением, сложностью внутренней структуры, представляющих собой единое целое. Иначе говоря, система

обладает множеством подсистем, имеющих собственные оригинальные структуры, которые интегрируются в общую полиструктуру сложной системы. [1]

Система становится полиструктурной когда её компоненты начинают функционировать для достижения единой цели, т.е. как указывает Сороко: структура это есть система в плане синхронии, и система обретает свою сущность только когда функционирует, т. е. когда она обладает динамикой. Если мы рассматриваем временной период функционирования системы, то получаем полиструктуру системы на этом временном периоде. [1]

В настоящей работе рассматривается управление полиструктурной системой на основе подготовки принятия управленческого решения экспертами, которые могут оценить альтернативу с позиций специалиста нескольких элементов полиструктурной системы.

Теоретико-множественное представление управления полиструктурной системы

Согласно [1], полиструктурная организация представляет собой динамичную, сложную, гетерогенную систему, состоящую из нескольких подсистем, генерирующих в себе разнородные по природе ресурсы. Для разработки методик определения и выбора обоснованного управленческого решения полиструктурная система рассматривается с позиции теории систем и системного анализа.

Алгебраическая система управления полиструктурной системы включает следующие элементы:

A – дерево целей, объединяющее все компоненты системы;

S – множество компонентов полиструктурной системы;

M – множество контуров управления;

B – множество показателей, характеризующих состояния полиструктурной системы;

F – множество функций управления;

C – множество объектов управления;

CR – множество центров ответственности;

P – совокупность ЛПР, образующих иерархию управления;

Q – множество ресурсов.

Цель полиструктурной системы определяет деревья целей её компонентов. Дерево целей может иметь несколько проекций – индикаторов текущего состояния компонента системы в различных аспектах, в которых наряду с нормативными значениями показателей содержатся их фактические значения, величина отклонения и степень значимости отклонения [2, 3]. Каждый компонент решает свою группу задач, которая не связана с другими компонентами. Проекция дерева целей каждого компонента полиструктурной системы представляется следующим графом:

$G_A = (A, T)$, где $A = \{A^0, A^1, \dots, A^{P-1}\}$,

где A^i – показатель, представляет собой кортеж:

$(ID, Name, NV)$, где

ID – идентификатор показателя,

$Name$ – наименование показателя,

NV – нормативное значение показателя.

T – множество связей между показателями. Каждая связь определяет методы агрегирования показателя.

Индикатор текущего состояния системы представляется следующим графом:

$G_B = (B, T)$, где B – состояние показателя, представляет собой кортеж информации:

(ID, FV, D, SD) , где

ID – идентификатор показателя из графа G_A ,

FV – фактическое значение показателя,

D – величина отклонения фактического значения от нормативного,

SD – степень значимости отклонения,

T – множество связей между показателями.

Один и тот же показатель может быть присущ различным компонентам полиструктурной системы. Показатели связаны с контуром управления степенью значимости отклонения показателя по связи один ко многим.

Множество показателей присущих нескольким компонентам полиструктурной системы образует метрическую систему оценки достижения цели полиструктурной системой.

$$B_i \cap B_j \neq \emptyset, \text{ где } B_i \subset S_k, B_j \subset S_l, k \neq l$$

Возникновение проблемной ситуации характеризуется выходом значения показателя за допустимые границы, определяется следующей функцией:

$$F = D * SD, SD \in (0, 1]$$

При функционировании полиструктурной системы возникают два вида проблемных ситуаций. Первая связана с отклонением показателей одного компонента системы, вторая связана с отклонением показателей, входящих в метрическую систему. В дальнейшем будут рассматриваться проблемные ситуации второго типа.

Оценка и выбор альтернатив при управлении полиструктурной системой

При разрешении проблемных ситуаций, которые возникают в полиструктурных системах часто возникает необходимость экспертной оценки и поиск выхода из проблемной ситуации с минимальными издержками. Основная сложность принятия управленческого решения заключается в том, что эксперты или аналитики должны обладать компетенциями, связанными с различными областями деятельности, т.е.

относится к различным компонентам полиструктурной системы. Наиболее распространенный способ разрешения такой проблемной ситуации является проведение экспертизы, которая позволяет согласовывать мнение экспертов. В общем случае экспертиза осуществляется за четыре этапа:

Этап 1. Анализ и структурирование данных о значениях показателей на текущий момент времени, динамику их развития за заданный интервал времени и некоторый ретроспективный анализ последствий неустранения проблемной ситуации [4 – 6].

Этап 2. Ранжирование показателей по степени их влияния на развитие ситуации в будущем.

Этап 3. Формирование набора действий - альтернатив, которые могут привести к устранению проблемной ситуации.

Этап 4. Выбор управленческого решения методом попарных сравнений альтернатив

Основная проблема метода попарных сравнений альтернатив – высокая сложность проведения при наличии большого количества показателей и альтернатив [7].

При его практическом применении используется трехуровневая доминантная иерархическая структура, где на верхнем уровне находится цель, на промежуточном уровне – показатели и ресурсы, на нижнем уровне – альтернативы.

Парное сравнение компонентов иерархии проводится в два шага: ранжирование показателей, сравнение альтернатив отдельно по каждому показателю.

Для ранжирования показателей максимальное количество попарных сравнений предлагаемых эксперту определяется по формуле

$$\frac{n(n-1)}{2}, \text{ где } n - \text{ количество показателей}$$

Далее по каждому показателю проводится попарное сравнение альтернатив, количество которых определяется по формуле:

$$\frac{nm(m-1)}{2}, \text{ где } m - \text{ количество альтернатив.}$$

Следовательно, общее количество попарных сравнений, которые оценивает каждый эксперт равно:

$$\frac{n(n-1)}{2} + \frac{nm(m-1)}{2}$$

Избыточность попарных сравнений можно оценить по значению энтропии системы. Каждый ответ эксперта сообщает некоторый объем информации о состоянии системы и изменяет её энтропию. На этом основании можно оценить минимальное значение энтропии и минимальное количество вопросов для выбора альтернативы при условии согласованности ответов эксперта.

Если в системе имеется n показателей и m альтернатив, то на этапе ранжирования показателей возможно $n!$ возможных исходов, энтропия этого этапа равна:

$$H(\beta) = \log(n!)$$

Ранжирование показателей $A_k = \alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_k$ состоит в том, что система задает эксперту k вопросов. Ответ эксперта представляет собой попарное сравнение показателей P_l, P_r по шкале из q состояний, где l, r – номера показателей. Попарное сравнение является доминантным, следовательно, $H(\alpha_j) \leq \log 2$ бит, где j – номер попарного сравнения. С другой стороны, по свойству энтропии:

$$H(A_k) = H(\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_k) \leq H(\alpha_1) + H(\alpha_2) + \dots + H(\alpha_k) \leq k \text{ и } \log(n!) \leq I(A_k) \leq k$$

Получили, что $k \geq \log(n!)$, где $k, n \in N$.

Минимальное количество попарных сравнений, которые выполняет эксперт равно $\log(n!) + n \log(m!)$, где $n, m \in N$

После проведения процедуры ранжирования показателей по значимости их влияния на проблемную ситуацию производится оценка согласованности результатов ранжирования посредством дисперсионного коэффициента конкордации.

Если оценка экспертов не согласована, то экспертам предлагается серия дополнительных вопросов в соответствии с алгоритмом изложенным в [8].

Далее экспертами проводится ранжирование альтернатив, в качестве обобщенной групповой оценки вычисляется математическое ожидание, медиана, критерий Фишера.

Выбранное управленческое решение реализуется в соответствующих компонентах полиструктурной системы. На основании проекции дерева цели полиструктурной системы определяются центры ответственности и ЛПР, ответственные за реализацию и контроль исполнения управленческого решения.

Разработанная математическая модель является основой создания информационного и алгоритмического обеспечения управления полиструктурной системой [9, 10].

Заключение

Таким образом, разработано теоретико-множественное описание полиструктурной системы и рассмотрен вариант её управления на основе экспертной оценки и выбора альтернатив. Модель позволяет описать информационные ресурсы, которые необходимы для выбора альтернативы методом попарных сравнений. Доказана возможность снижения сложности проведения экспертизы, по условию согласованности мнений экспертов.

Литература

1. Петрова С.Ю. Общая задача управления полиструктурной системой //
-

Вестник Новгородского государственного университета. 2009. №50. С. 35-39.

2. Серёдкин А.Н., Виноградова Г.Л. Моделирование показателей эффективности управления системой сельскохозяйственных потребительских кооперативов различных уровней // Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/778

3. Голубева А.О., Виноградова Г.Л. Кластеризация процессов промышленного предприятия в методе их адаптации под заказ // Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/829

4. Шведенко В.Н., Щекочихин О.В., Ровинская Т.М. Методика разработки информационной системы, обладающей свойством поведения, на примере производственно-закупочной деятельности // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. №4. С. 236-240

5. Madraky A., Othman Z.A., Hamdan A.R. Hair-oriented data model for spatio-temporal data representation // Expert Systems with Applications. 2016. 59. pp. 119-144.

6. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Object-oriented topological management system of spatially-distributed databases // Pattern Recognition and Image Analysis. 2016. 26 (4), pp. 734-741.

7. Латыпова В.А. Выбор оптимального способа реализации инструментального средства управления обучением с помощью метода анализа иерархий // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4120

8. Щекочихин О.В., Шведенко В.В., Тимофеев Д.Н. Снижение сложности экспертной оценки альтернатив в методе анализа иерархий // Научно-технический вестник Поволжья. 2017. №2. С. 132-135

9. Щекочихин О.В. Объектно-процессная модель данных в управляющих информационных системах // Научно-технический вестник информационных



технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 2. С. 318–323.

10. Шведенко В. Н., Щекочихин О. В., Шведенко П. В. Вариант архитектуры управляющей информационной системы для разрешения проблемных ситуаций на предприятии // Информационно управляющие системы. 2016. № 5. С. 86-90.

References

1. Petrova S.Yu. Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2009. №50. pp. 35-39.

2. Serjodkin A.N., Vinogradova G.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/778

3. Golubeva A.O., Vinogradova G.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/829

4. Shvedenko V.N., Shchekochikhin O.V., Rovinskaja T.M. Nauchno-
tehničeskij vestnik Povolzh'ja. 2017. №4. pp. 236-240

5. Madraky A., Othman Z.A., Hamdan A.R. Expert Systems with Applications, 59. 2016, pp. 119-144. DOI: 10.1016/j.eswa.2016.04.028

6. Vasin Y.G., Yasakov Y.V. Pattern Recognition and Image Analysis, 2016, 26 (4), pp. 734-741. DOI: 10.1134/S1054661816040180

7. Latypova V.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4120.

8. Shchekochikhin O.V., Shvedenko V.V., Timofeev D.N. Nauchno-
tehničeskij vestnik Povolzh'ja. 2017. №2. pp. 132-135

9. Schekochikhin O.V. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2017, vol. 17, no. 2, pp. 318–323

10. Shvedenko V. N., Shchekochikhin O. V., Shvedenko P. V. Informacionno upravljajushhie sistemy. 2016. № 5. pp. 86-90.