

УДК 658.5:004.94

Ю.А. Романенков, В.М. Варганян, Ю.Л. Прончаков, Т.Г. Зейниев

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

СРЕДСТВА ИНФОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА АГРЕГИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ

Проведено сравнение средств инфографического анализа и визуализации агрегированных показателей многомерных объектов и систем, рассмотрены методические особенности инструментария радиальных метрических и нормированных диаграмм. Аналитически оценена степень адекватности графоаналитических моделей агрегированных показателей многомерных объектов и систем в задачах GAP-анализа. Показано место описанных моделей в процессе поддержки принятия решений в условиях разнородной управленческой информации. Практическое применение описанных моделей проиллюстрировано примером.

Ключевые слова: радиальные метрические и нормированные диаграммы, визуализация, системы поддержки принятия решений.

Введение

Постановка проблемы. Процесс принятия управленческих решений в современных условиях предполагает обработку и анализ большого объема разнородных данных, которые в разной степени характеризуют свойства объекта управления и внешней среды. Учитывая сегодняшний уровень доступности мониторинговой информации разного рода, невозможно представить синтез эффективных управленческих решений без современных методов и средств обработки информации, в том числе средств инфографического анализа и визуализации.

Внедрение мобильных информационно-коммуникационных устройств в жизнь современных менеджеров смещает информационные потребности от текстовой к визуальной информации, что способствует росту актуальности технологий инфографирования. В качестве инструмента эффективного представления информации в целях обеспечения поддержки и повышения эффективности процесса принятия управленческих решений инфографирование имеет значительный потенциал как инструмент борьбы с информационными перегрузками менеджеров [1]. Роль информационно-аналитических средств поддержки принятия управленческих решений увеличивается в случае использования комплексных агрегированных показателей многомерных систем и объектов. Агрегированные показатели представляют собой обобщенные, синтетические измерители, объединяющие в себе многие частные, и вычисляемые посредством суммирования, группировки или других способов сведения частных показателей в обобщенные [2]. Необходимость визуализации и анализа подобных показателей возникает на многих этапах принятия решений [3], в частности на этапе оказания помощи лицу, принимающему решение (ЛПР) при анализе исходной информации,

оценке сложившейся обстановки и ограничений, накладываемых внешней средой.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [4, 5] описан инструментарий радиальных метрических диаграмм (РМД), или «kiviat diagrams» в англоязычных публикациях [6], которые обеспечивают визуализацию и обобщение результатов оценки программного обеспечения с использованием метрик. Указанный аппарат в [7] использован для диагностики уровня разрывов при обеспечении экономической устойчивости предприятия, что позволяет «оценивать степень готовности предприятия к выполнению перехода от текущего состояния к желаемому». В работах [8, 9] РМД используются для визуализации текущего и прогнозного состояния экономической безопасности предприятия, а также для оценки рисков при интерпретации интервальных результатов исследования. Для решения задач оценки эффективности бизнес-процессов в [10, 11] предложено использовать аппарат нормированных диаграмм (НД), который помимо визуализации, выполняет функцию графоаналитического моделирования. Таким образом, существует целый ряд актуальных задач управления организационно-техническими объектами и системами, которые требуют разработки эффективных методик многомерного анализа комплексных агрегированных показателей с обязательной функцией визуализации.

Объект, цель и задачи исследования. Целью статьи является сравнительный анализ методов и средств многомерного анализа комплексных агрегированных показателей многомерных объектов и выработка рекомендаций для ЛПР по выбору адекватного средства моделирования.

Основная часть

Аппарат радиальных метрических диаграмм. РМД задает n -мерное метрическое про-

странство, в котором осуществляется оценивание объекта, где n – число метрик $p_i, i = \overline{1, n}$, отображающихся в виде лучей диаграммы (рис. 1).

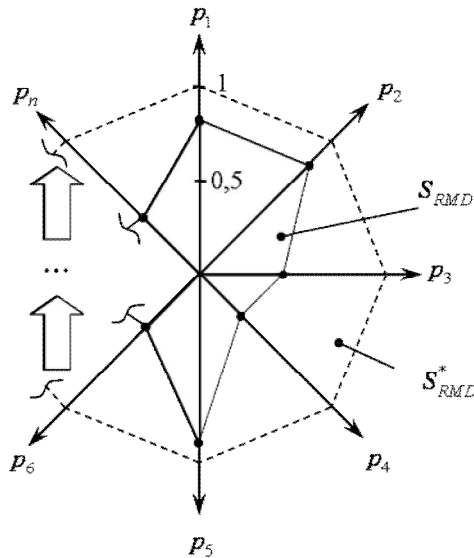


Рис. 1. Общий вид РМД

В случае, когда построены несколько РМД, оценивающих объект в целом, они образуют иерархическую структуру. В результате свертки отдельной РМД нижнего уровня на основании значений метрик и коэффициентов их весомости (значимости) формируется обобщенный показатель, значение которого затем откладывается на соответствующем луче комплексной РМД верхнего уровня, как показано на рис. 2. Аналогичным образом для комплекс-

ной РМД может быть получен интегральный показатель. Отметим, что в [6] предложена модификация РМД с добавлением в вершинах метрических шкал кругов с диаметром, пропорциональным весомостям метрик (рис. 2) по примеру известной матрицы БКГ.

Аппарат нормированных диаграмм. НД представляет собой столбчатую диаграмму метрик $p_i, i = \overline{1, n}$, по которым оценивается объект, причем ширина отдельного столбца численно равна соответствующему коэффициенту весомости α_i i -й метрики (рис. 3).

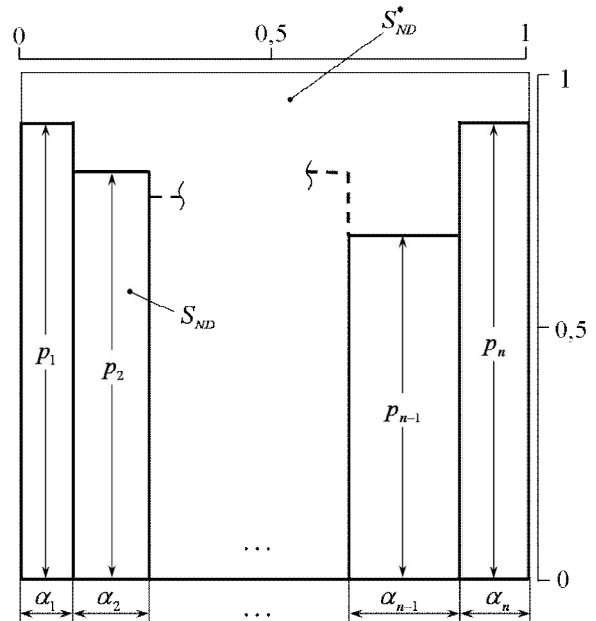


Рис. 3. Общий вид нормированной диаграммы

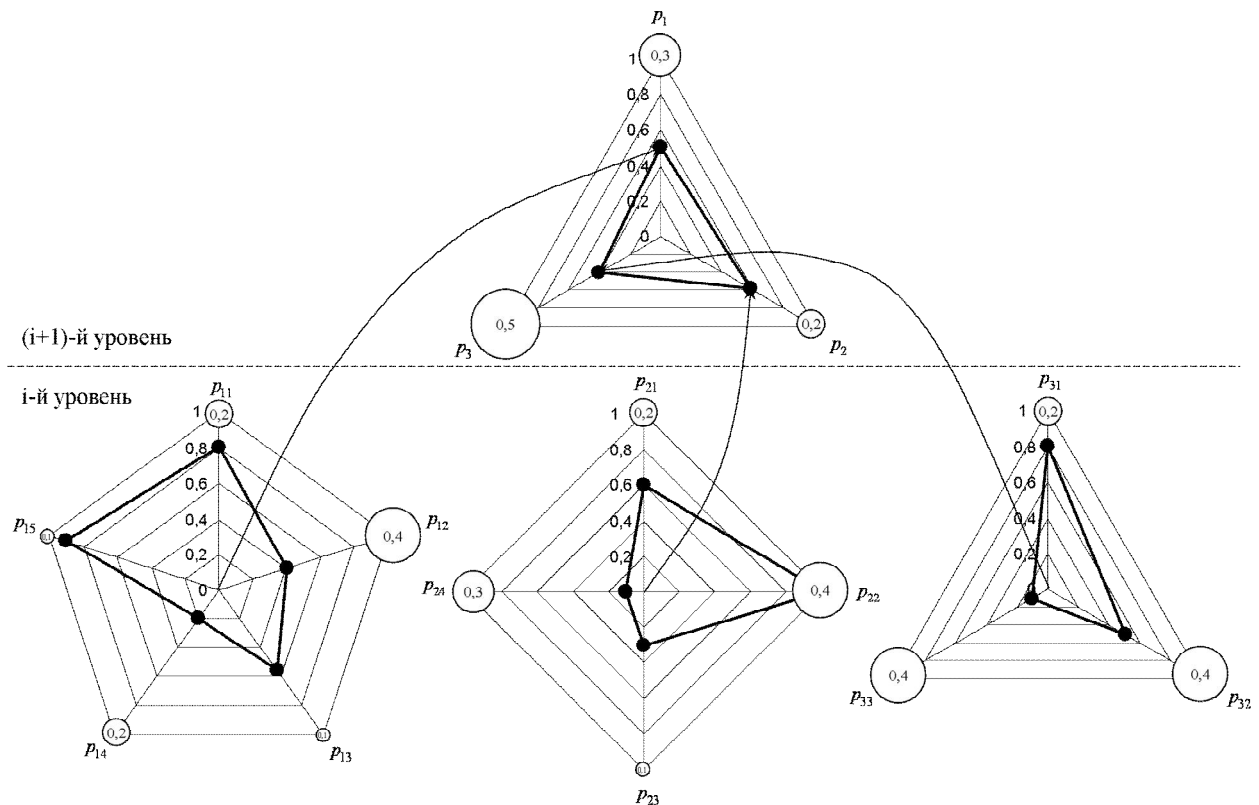


Рис. 2. Пример свертки радиальных метрических диаграмм

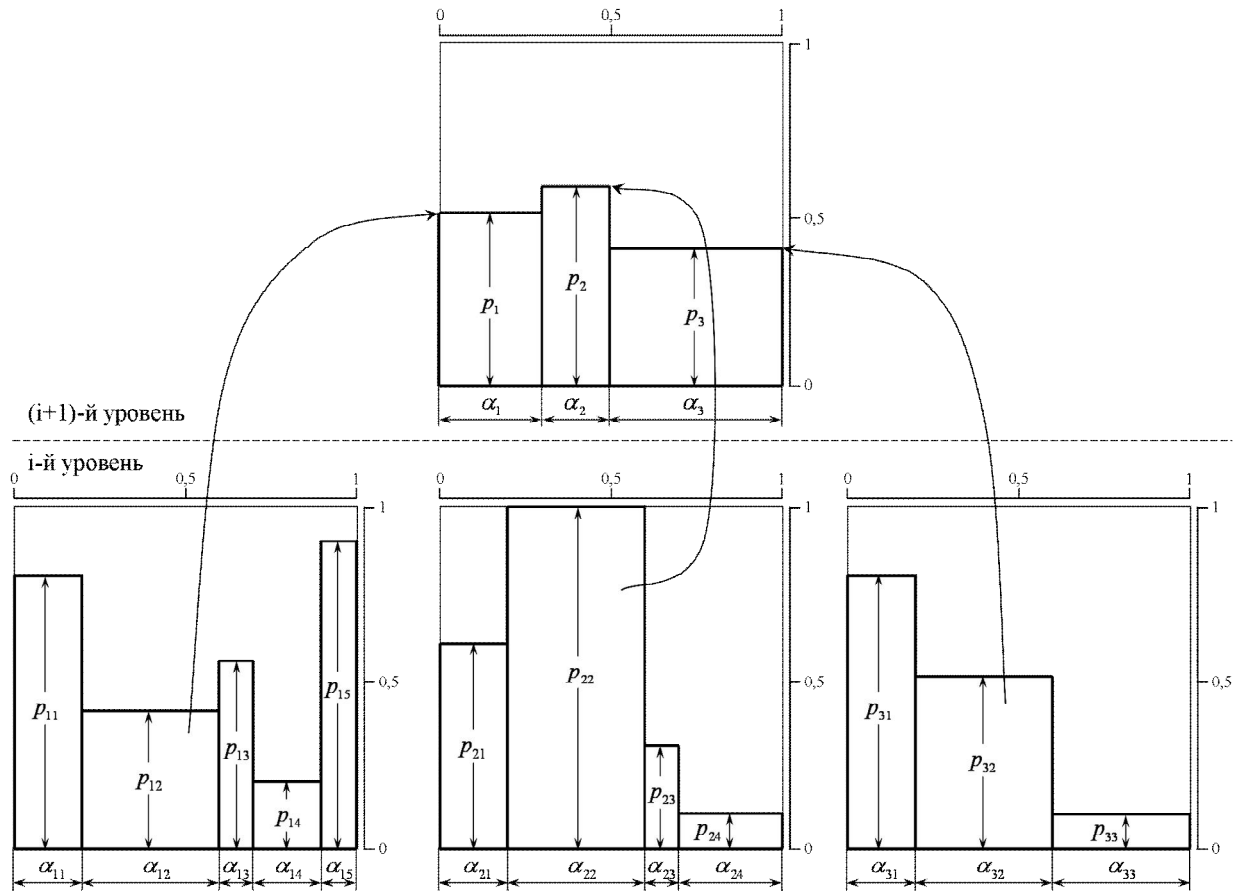


Рис. 4. Пример свертки нормированных диаграмм

По аналогии с РМД, НД могут и призваны описывать многоуровневую иерархическую систему показателей (метрик), как показано на рис. 4.

Сравнительный анализ РМД и НД. Описанные средства многомерного анализа агрегированных показателей применяются в задачах контроллинга, стратегического управления, в частности для анализа разрывов (GAP-анализа) [12, 13]. При этом анализируют значения площадей фигур, образуемых РМД (S_{RMD} на рис. 1) и НД (S_{ND} на рис. 3), максимальное возможное значение площади диаграмм (S_{RMD}^* на рис. 1 и S_{ND}^* на рис. 3 соответственно), а также их разность или соотношение, которое и интерпретируют как собственно разрыв между желаемым и действительным состоянием объекта или системы.

Рассмотрим особенности применения обоих видов диаграмм более подробно.

Площадь фигуры, образуемой РМД, есть сумма площадей отдельных лепестков диаграммы (рис. 1):

$$S_{RMD} = \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{n} \times (P_1 P_2 + P_2 P_3 + \dots + P_{n-1} P_n + P_n P_1) = \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{n} \left(P_1 P_n + \sum_{i=1}^{n-1} P_i P_{i+1} \right). \quad (1)$$

Очевидно, что модель РМД нелинейна, к тому

же неинвариантна к порядку отображения метрик. При этом площадь идеальной РМД, т.е. диаграммы с идеальными значениями метрик, численно равна

$$S_{RMD}^* = \frac{n}{2} \sin \frac{2\pi}{n}, \quad (2)$$

и также зависит от количества метрик n (рис. 5).

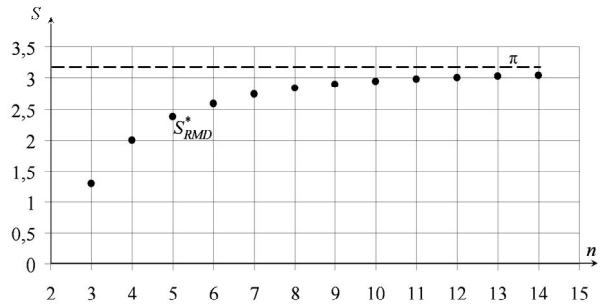


Рис. 5. График зависимости площади идеальной РМД от количества метрик

Таким образом, несмотря на то, что на лучах РМД откладываются нормированные значения показателей, ни площадь S_{RMD} , ни площадь S_{RMD}^* , ни их соотношения не являются нормированными, линейными по отношению к метрикам величинами.

Если интерпретировать разрыв R как разницу между идеальной и текущей РМД

$$R = S_{RMD}^* - S_{RMD}, \quad (3)$$

то величина $\frac{\partial R}{\partial p_i}$ характеризует чувствительность модели к изменению i -й метрики и во многом определяет свойства модели.

В данном случае

$$\frac{\partial R}{\partial p_i} = \frac{\partial S_{RMD}^*}{\partial p_i} - \frac{\partial S_{RMD}}{\partial p_i} = -\frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{n} (p_{i-1} + p_{i+1}), \quad i \neq 1, i \neq n, \quad (4)$$

т.е. чувствительность РМД зависит от общего количества метрик и от значений «соседних» метрик, что никак нельзя отнести к достоинствам модели.

Аналогичные выкладки для НД показывают несколько иные результаты. Площадь идеальной НД всегда равна единице

$$S_{ND}^* = 1, \quad (5)$$

т.к.

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1. \quad (6)$$

При этом площадь фигуры, образуемой НД, численно равна значению агрегированного показателя:

$$S_{ND} = P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i. \quad (7)$$

Выражение для разрыва R в этом случае выглядит следующим образом

$$R = 1 - \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i, \quad (8)$$

а чувствительность модели $\frac{\partial R}{\partial p_i}$ однозначно определяется коэффициентом весомости:

$$\frac{\partial R}{\partial p_i} = -\alpha_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

что свидетельствует о полном соответствии аналитического и геометрического смысла модели. Следует отметить, что это соответствие справедливо только для агрегированных показателей вида (7). Однако именно эта форма агрегирования или свертки используется чаще всего.

Кроме описанных графоаналитических функций, элементы диаграмм могут выступать функционалом в разного рода задачах оптимизации (например, [10]), что подтверждает их практическую значимость и расширяет диапазон применимости в задачах управления организационно-техническими системами.

Таким образом, по результатам сравнительного анализа двух средств многомерного анализа агрегированных показателей организационно-технических систем, а именно РМД и НД, можно сделать следующие выводы:

1) радиальные метрические и нормированные диаграммы являются графоаналитическими моделями и позволяют визуализировать структуру и значение агрегированных показателей организационно-технических систем;

2) НД являются линейными (инвариантными), а РМД нелинейными (неинвариантными) по отношению к метрикам (к порядку метрик);

3) при анализе линейно-агрегированных показателей площадь НД, в отличие от площади РМД, имеет геометрическую интерпретацию;

4) при анализе многоуровневых (более двух) агрегированных показателей предпочтительным представляется использование НД в силу строгости графоаналитического аппарата и следствий п. 3.

Пример. Глобальная система бизнес-процессов организации может быть представлена 10 бизнес-процессами (БП) [14] (табл. 1).

Таблица 1

Система БП организации и относительные коэффициенты их весомости

i	БП	Относительный к-т весомости α_i
1	организационная структура управления	0,07
2	система управления	0,12
3	маркетинг	0,15
4	система организации производства	0,13
5	персонал предприятия	0,06
6	НИОКР	0,1
7	финансы	0,09
8	снабжение	0,1
9	сбыт	0,11
10	учет	0,07

Иерархическая структура компонентов бизнес-процессов, их относительная эффективность, а также относительные коэффициенты весомости представлены в табл. 2.

Построим двухуровневые РМД и НД в соответствии с изложенными выше методиками (рис. 6, 7). В табл. 3 сведены следующие характеристики полученных моделей: n – число метрик в диаграмме;

$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \alpha_i p_i$ – значение агрегированного показателя;

S_{RMD} и S_{ND} – значения площадей радиальных метрических и нормированных диаграмм бизнес-процессов соответственно; S_{RMD}^* и S_{ND}^* – идеальные значения площадей радиальных метрических и нормированных диаграмм бизнес-процессов соот-

ответственно; S_{RMD}/S_{RMD}^* и S_{ND}/S_{ND}^* – отношения текущих и идеальных значений площадей для радиальных метрических и нормированных диаграмм бизнес-процессов соответственно;

$R_{RMD} = S_{RMD}^* - S_{RMD}$ и $R_{ND} = S_{ND}^* - S_{ND}$ – значения разрывов для радиальных метрических и нормированных диаграмм бизнес-процессов соответственно.

Таблица 2

Иерархическая структура компонентов БП

БП	Компоненты БП	Относительная эффективность компоненты p_{ij}	Относительный к-т весомости компоненты α_{ij}
1. Организационная структура	1.1 Степень соответствия плана структуры условиям ее функционирования	0,9	0,25
	1.2 Численность работников управления	0,8	0,15
	1.3 Степень адекватности распределения работников управления по уровням и функциям	0,8	0,25
	1.4 Качество информационных связей	0,9	0,35
2. Система управления	2.1 Опыт, квалификация и кругозор руководства организации в управленческой деятельности	0,9	0,16
	2.2 Общее мнение о топ-менеджерах организации как о партнерах в деловых кругах	0,8	0,13
	2.3 Система стратегического планирования	1	0,20
	2.4 Способность быстро реагировать на меняющуюся рыночную ситуацию	0,8	0,20
	2.5 Уровень информационных систем	0,8	0,16
	2.6 Степень организации функций управления	0,8	0,15
3. Маркетинг	3.1 Система организации маркетинга	1	0,18
	3.2 Система исследования рынка	0,9	0,18
	3.3 Ассортиментная политика	0,8	0,16
	3.4 Ценовая политика	0,8	0,16
	3.5 Коммуникационная политика	0,7	0,16
	3.6 Распределительная политика	0,8	0,16
4. Система организации производства	4.1 Численность занятых в производстве	0,8	0,10
	4.2 Основные используемые технологии	0,8	0,12
	4.3 Инновации в производственном процессе	0,8	0,12
	4.4 Степень овладения существующими технологиями	0,8	0,13
	4.5 Техничко-технологическая база предприятия	0,9	0,15
	4.6 Система планирования производства	0,8	0,14
	4.7 Система обеспечения качество продукции	0,8	0,14
	4.8 Производительность труда	0,7	0,10
5. Персонал	5.1 Состояние кадровой службы предприятия	0,8	0,08
	5.2 Кадровая политика предприятия	0,9	0,19
	5.3 Степень укомплектованности сотрудниками	0,8	0,17
	5.4 Квалификация персонала	1	0,25
	5.5 Возрастной состав персонала	0,8	0,09
	5.6 Частота трудовых конфликтов в организации	0,8	0,10
	5.7 Текучесть кадров	0,8	0,12
6. НИОКР	6.1 Уровень конструкторского отдела (бюро) на предприятии	0,8	0,15
	6.2 Наличие в штате крупных ученых	0,7	0,30
	6.3 Научеомкость производства	0,9	0,15
	6.4 Мнение потребителей о качестве научно-техническом уровне изделий	0,8	0,20
	6.5 Лицензионная работа	0,8	0,06
	6.6 Возможность разработки новых товаров	0,9	0,14

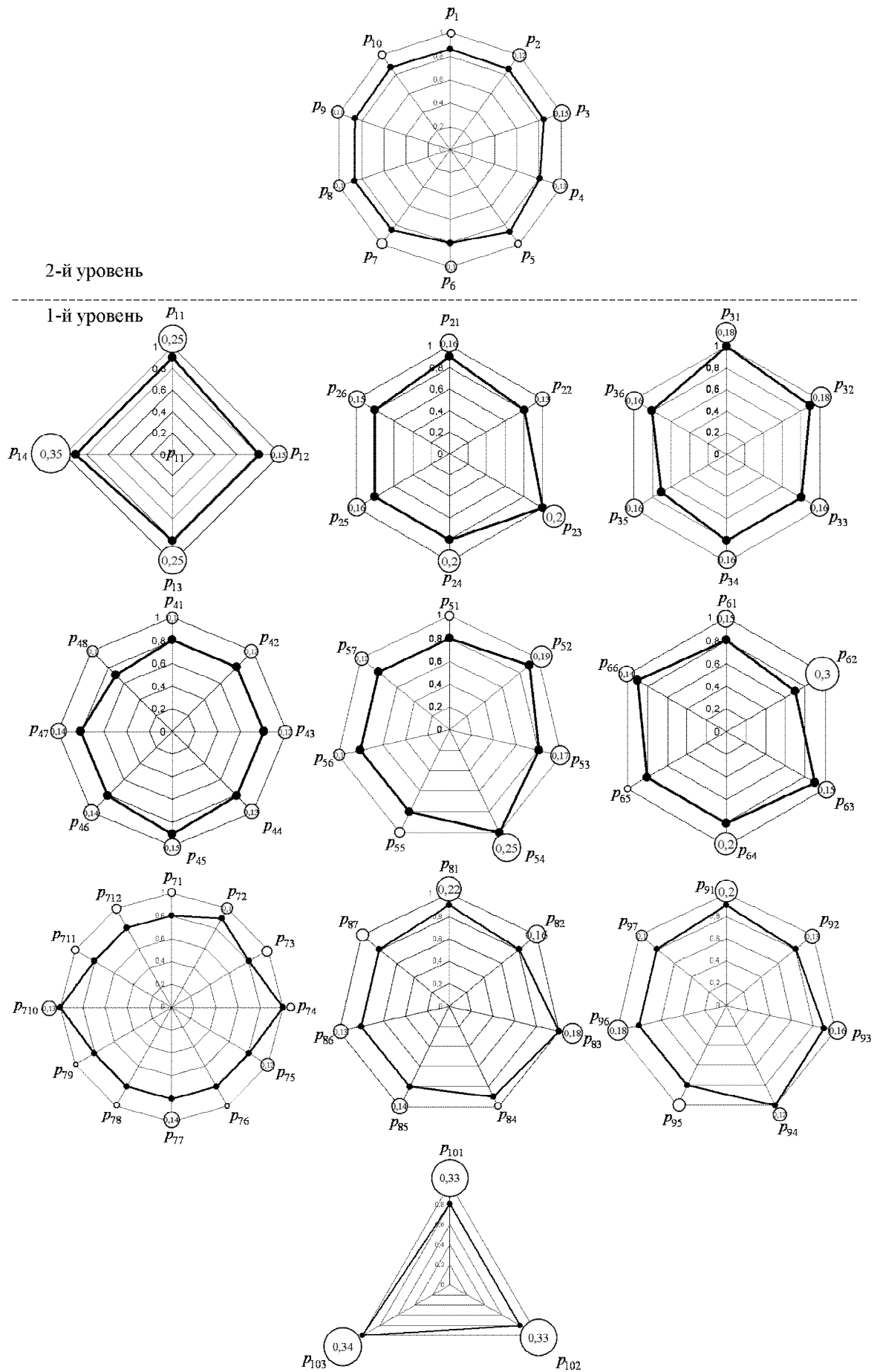
Окончание табл. 2

7. Финансы	7.1 Финансовая диагностика	0,8	0,07
	7.2 Управление издержками	0,9	0,10
	7.3 Планирование прибыли	0,8	0,09
	7.4 Бюджетирование и контроль	1	0,07
	7.5 Управление оборотными средствами	0,8	0,12
	7.6 Управление основными средствами	0,8	0,04
	7.7 Инвестиционный портфель	0,8	0,14
	7.8 Структура капитала	0,8	0,05
	7.9 Дивидендная политика	0,8	0,04
	7.10 Ликвидность	1	0,13
	7.11 Задолженность	0,8	0,07
	7.12 Доступ предприятия к другим источникам средств	0,8	0,08
8. Снабжение	8.1 Наличие отдела снабжения	0,9	0,22
	8.2 Степень его укомплектованности сотрудниками	0,8	0,16
	8.3 Квалификация сотрудников	1	0,18
	8.4 Система стимулирование сотрудников	0,9	0,06
	8.5 Сырьевая база и основные поставщики	0,8	0,14
	8.6 Партнеры в производственной кооперации и характер производственных связей	0,8	0,13
	8.7 Издержки системы снабжения	0,8	0,11
9. Сбыт	9.1 Уровень отдела сбыта	0,9	0,20
	9.2 Численность сотрудников отдела сбыта	0,8	0,13
	9.3 Квалификация сотрудников отдела	0,9	0,16
	9.4 Система планирования объемов продаж	1	0,12
	9.5 Система транспортировки товаров	0,8	0,11
	9.6 Процедура отработки поступающих заказов	0,8	0,18
	9.7 Издержки сбыта	0,8	0,10
10. Учет	10.1 Управленческий учет	0,8	0,33
	10.2 Финансовый учет	0,8	0,33
	10.3 Контроллинг	1	0,34

Таблица 3

Характеристики инфографических моделей БП

Модели БП	Характеристики модели									
	n	P_{Σ}	S_{RMD}	S_{RMD}^*	S_{RMD}/S_{RMD}^*	R_{RMD}	S_{ND}	S_{ND}^*	S_{ND}/S_{ND}^*	R_{ND}
1	4	0,86	1,445	2	0,723	0,555	0,86	1	0,86	0,14
2	6	0,856	1,871	2,598	0,72	0,727	0,856	1	0,856	0,144
3	6	0,838	1,81	2,598	0,697	0,788	0,838	1	0,838	0,162
4	8	0,805	1,81	2,828	0,64	1,01	0,805	1	0,805	0,195
5	7	0,869	1,939	2,736	0,709	0,797	0,869	1	0,869	0,131
6	6	0,799	1,728	2,598	0,665	0,87	0,799	1	0,799	0,201
7	12	0,85	2,12	3	0,707	0,88	0,85	1	0,85	0,15
8	7	0,864	2,009	2,736	0,734	0,727	0,864	1	0,864	0,136
9	7	0,86	2,009	2,736	0,734	0,727	0,86	1	0,86	0,14
10	3	0,868	0,97	1,299	0,747	0,329	0,868	1	0,868	0,132
Σ	10	0,844	2,108	2,939	0,717	0,831	0,844	1	0,844	0,156



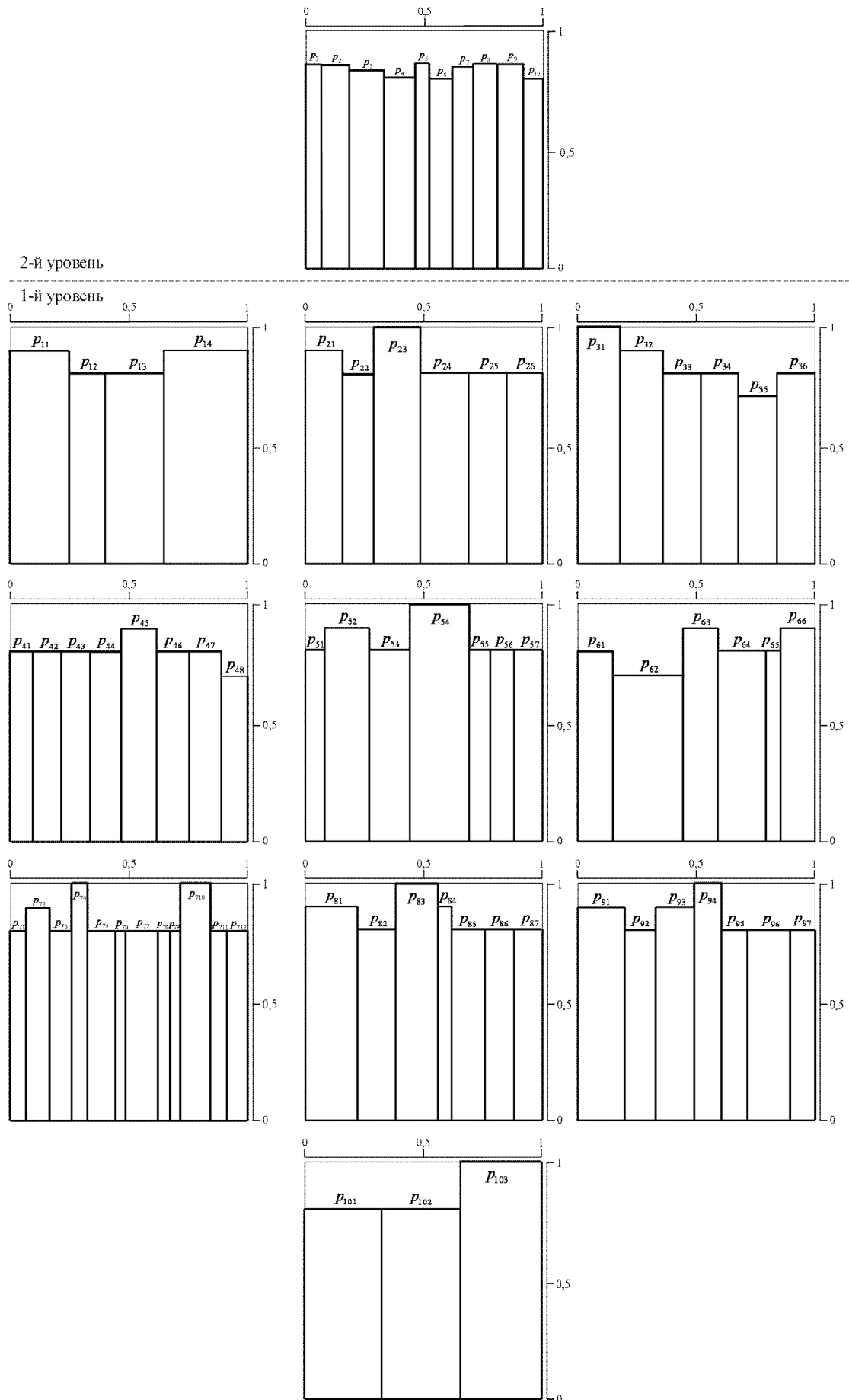


Рис. 7. Двухуровневая РМД системы бизнес-процессов организации

Выводы

Проведен сравнительный анализ средств инфографического анализа и визуализации агрегированных показателей многомерных объектов, в ходе которого рассмотрены методические особенности инструментария радиальных метрических и нормированных диаграмм.

Аналитически оценена степень адекватности графоаналитических моделей агрегированных показателей многомерных объектов и показано место описанных моделей в процессе поддержки принятия управленческих решений в условиях информационных перегрузок менеджеров.

Список литературы

1. Афанасьев А.А. Особенности поддержки принятия решений на предприятии в условиях информационных перегрузок / А.А. Афанасьев // Российский научный журнал. – 2013. – №6(37). – С. 253-259.
2. Борисов А.Б. Большой экономический словарь / А.Б. Борисов. – М.: Книжный мир, 2003. – 895 с.
3. Афанасьев А.А. Технология визуализации данных как инструмент совершенствования процесса поддержки принятия решений / А.А. Афанасьев // Инженерный вестник Дона. – 2014. – №4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2619>.
4. Тарасюк О.М. Динамические радиальные метрические диаграммы в задачах управления качеством программного обеспечения / О.М. Тарасюк, В.С. Харченко // 36. наук. праць ін-ту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – К.: НАНУ, ИПМЕ, 2003. – Вип. 22. – С. 202-205.
5. Харченко В.С. Применение динамических радиальных метрических диаграмм для управления многоверсионными программными проектами / В.С. Харченко, О.М. Тарасюк, А.В. Волковой, Ю.А. Белый // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – № 2. – С. 63-68.
6. Aigner W. Current Work Practice and Users' Perspectives on Visualization and Interactivity in Business Intelligence / W. Aigner // Information Visualisation (IV), 2013 17th International Conference. – 2013. – P. 299-306.
7. Ревенко Д.С. Интегральные модели экономической устойчивости предприятия и инструментальные средства ее визуализации и диагностики / Д.С. Ревенко, В.А. Лыба // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. Сер.: Економіка і менеджмент. – 2014. – № 1. – С. 148-159.
8. Вартанян В.М. Инструментальные средства визуализации результатов мониторинга экономической безопасности предприятия с оценкой рисков / В.М. Вартанян, А.Н. Скачков, И.А. Скачкова // Вестник КИГИТ: Серия 7. Программная инженерия. Информационные технологии и защита информации. – Ижевск: Издательство КИГИТ, 2013. – С. 15-21.
9. Вартанян В.М. Моделирование экономической безопасности предприятия в условиях неопределенности исходных данных / В.М. Вартанян, А.Н. Скачков, Д.С. Ревенко // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – № 56 (1029). – С. 147-154.
10. Романенков Ю.А. Оптимизационный механизм выбора стратегий повышения конкурентоспособности организации [Текст] / Ю.А. Романенков, В.М. Вартанян, Т.Г. Зейниев // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2014. – №. 4 (68). – С. 150 – 156 (Index Copernicus, INSPEC IDEAS, CiteFactor, Academic Keys, Infobase Index, Google Scholar).
11. Романенков Ю.О. Графоаналітична модель ефективності бізнес-процесів організації [Текст] / Ю.О. Романенков, В.М. Вартанян, Т.Г. Зейнієв // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (MPZIS-2014): XII міжнародна науково-практична конференція, 19-21 листопада 2014 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 202-203.
12. Зенкина И.В. Анализ стратегических разрывов как инструмент стратегического анализа и потенциал его применения в стратегическом управлении организацией / И.В. Зенкина // Аудит и финансовый анализ. – 2012. – № 04. – С. 107-112.
13. Марковский В.А. Использование методики GAP-анализа для оценки эффективности логистической системы распределения / В.А. Марковский // Современные исследования социальных проблем: электронный научный журнал. – 2012. – №2. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodiki-gap-analiza-dlya-otsenki-effektivnosti-logisticheskoy-sistemy-raspredeleniya> (дата обращения: 15.05.2016).
14. Вартанян В.М. Модели, методы и инструментальные средства поддержки принятия решений в наукоемком высокотехнологическом производстве [Текст]: моногр. / В.М. Вартанян, Б.Б. Стелюк, М.А. Глованова, И.В. Дронова. – Х.: ИД «ИНЖЕК», 2009. – 224 с.

Поступила в редколлегию 24.05.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет «Харьковский авиационный институт», Харьков.

ЗАСОБИ ІНФОГРАФІЧНОГО АНАЛІЗУ АГРЕГОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ БАГАТОВИМІРНИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ

Ю.О. Романенков, В.М. Вартанян, Ю.Л. Прончаков, Т.Г. Зейнієв

Проведено порівняння засобів інфографічного аналізу і візуалізації агрегованих показників багатовимірних об'єктів і систем, розглянуті методичні особливості інструментарію радіальних метричних і нормованих діаграм. Аналітично оцінено ступінь адекватності графоаналітичних моделей агрегованих показників багатовимірних об'єктів і систем в задачах GAP-аналізу. Показано місце описаних моделей в процесі підтримки прийняття рішень в умовах різномірної управлінської інформації. Практичне застосування описаних моделей проілюстровано прикладом.

Ключові слова: радіальні метричні і нормовані діаграми, візуалізація, системи підтримки прийняття рішень.

INFOGRAPHIC ANALYSIS TOOLS OF AGGREGATE CRITERIA OF MULTIDIMENSIONAL OBJECTS AND SYSTEMS

Yu.A. Romanenkov, V.M. Vartanyan, Yu.L. Pronchakov, T.G. Zieiniiev

The comparison of means for infographic analysis and visualization of aggregated criteria of multidimensional objects and systems is conducted. The methodical features of tools of metric radial («kiviat diagrams») and normalized charts are considered. An adequacy degree of grapho-analytical models for aggregated criteria of multidimensional objects and systems in the GAP-analysis tasks is analytically evaluated. The place of described models in the process of decision support in heterogeneous management information is shown. The practical application of described models is illustrated using examples.

Keywords: radial metric and normalized charts, visualization, decision support systems.