

АНАЛИЗ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Новиков Д. А.¹, Губанов Д. А.²
(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

Словарь основных понятий научной области важен для стандартизации терминологии, а также для поддержки образования и междисциплинарных исследований, он способствует взаимопониманию и эффективной коммуникации в этой области. В области теории управления экспертами ИПУ РАН разработана система основных понятий, которая включает 1047 терминов (для каждого предоставляется название, перевод и описание с ссылками на другие термины). Цель настоящего исследования заключается в анализе взаимосвязей между ключевыми сетевыми характеристиками этой системы понятий и валидации разработанного словаря с точки зрения его системности и принципов выделения понятий: иерархичности, сбалансированности, значимости и модульности. В работе подтверждено соблюдение иерархичности терминов от общего к частному. Найдены четко определенные группы в сети терминов и установлена иерархическая структура связей между группами. При движении по иерархии сверху вниз обнаружено уменьшение структурной значимости терминов и увеличение сложности как в целом, так и в отдельных группах терминов (что отражает модульность и сбалансированность). Подтверждена значимость терминов на основе статистики их встречаемости в корпусе текстов по теории управления.

Ключевые слова: терминологическая структура, теория управления, сетевой анализ, принципы построения системы понятий.

1. Введение

В настоящее время существует большое число печатных и электронных словарей и глоссариев, применяемых для разных целей. В области теории управления в СССР системная терминология была разработана в далеком 1988 году (см. [3]). За прошедшие десятилетия существенно изменились представления о теории и технологиях управления, появились новые классы систем управления, их модели, методы и средства.

Настоящая статья посвящена исследованию взаимосвязи характеристик системы основных понятий теории управления, разработанной экспертами ИПУ РАН в 2023 году (см. [4]). Ее гипертекстовая версия размещена по адресу <https://www.ipu.ru/education/glossary>.

¹ Дмитрий Александрович Новиков, д.т.н., академик РАН (novikov@ipu.ru)

² Дмитрий Алексеевич Губанов, д.т.н. (gubanov@ipu.ru)

В разделе 2 описан подход к исследованию, а также исходные данные для анализа. В разделе 3 изложены основные сетевые показатели и характеристики. В разделе 4 – полученные результаты их анализа (для системы терминов в целом и для отдельных их групп).

Электронным приложением является [таблица](#), содержащая характеристики всех терминов.

2. Подход к исследованию и исходные данные

Основная цель настоящего исследования заключается в анализе взаимосвязей между ключевыми сетевыми характеристиками системы основных понятий теории управления, разработанной экспертами ИПУ РАН в 2023 году. Системность и критерии выделения основных понятий требуют пояснений. Они требуют (в отличие от современных печатных [8] и гипертекстовых [7] словарей по теории управления, включающих лишь список терминов с определениями) валидации разработанного словаря с использованием следующих принципов:

а) построение иерархии терминов от общего к частному (в том числе отсутствие циклов по ссылкам в их определениях);

б) обеспечение сбалансированности терминов в этой иерархии с точки зрения их объема и содержания;

в) распределение терминов в иерархии таким образом, чтобы отражалось уменьшение их структурной значимости и увеличение сложности при движении сверху вниз;

г) подтверждение значимости терминов на основе статистики их встречаемости в публикациях по теории управления.

Исходные данные – текст публикации «Теория управления: словарь системы основных понятий» [4]. Словарь состоит из 1047 терминов, для каждого предоставляется название, перевод и описание с ссылками на другие термины. Из этих 1047 терминов 333 униграммы³, 492 биграммы, 163 триграммы, 46 4-грамм, 12 5-грамм, 1 6-грамма.

Пример термина-униграммы в словаре (курсивом выделены гиперссылки на другие термины из словаря): «Агент (*agent*) – 1) автономный, *интеллектуальный элемент системы*, который взаимодействует с другими ее элементами и *внешней средой*; 2) *управляемый субъект* (например, человек, группа или коллектив, или

³ Униграмма – термин из 1 слова, биграмма – из двух, ..., *n*-грамма – из *n* слов.

организация); 3) в *моделях* иерархических *игр* – игрок, делающий ход вторым при известном ходе *центра*».

Этапы обработки словаря:

1. Извлечение структурных элементов (терминов, их определений и ссылок) из текста словаря с использованием регулярных выражений и методов анализа текстов.

2. Обработка текстов публикаций сотрудников ИПУ РАН (и их соавторов) по теории управления за 2004–2023 годы (далее – корпус текстов) (токенизация, лемматизация, формирование n -грамм, формирование словарей терминов публикаций). Корпус текстов состоит из 17 тыс. полнотекстовых публикаций, число авторов – около 8 тыс.

3. Формирование сети терминов словаря (далее – сеть терминов).

4. Расчет показателей, характеризующих термины словаря: сетевых показателей и показателей встречаемости в текстах.

5. Анализ взаимосвязей между показателями и характеристиками, валидация словаря.

Исходный список терминов формировался экспертно. Оказалось, что доля суммарной встречаемости терминов из словаря среди научных терминов корпуса текстов превышает 80 % (см. критерий «г» выше).

Сеть терминов представляется собой связный ориентированный граф (вершины – термины, дуги – ссылки на другие термины из словаря в описаниях терминов) без петель и без кратных дуг. Сеть терминов содержит минимальное число циклов (см. критерий «а» выше)⁴.

3. Показатели, характеризующие термины словаря

В соответствии с методикой, предложенной в [1, 2], найдем для рассматриваемой сети терминов (для каждого термина i от 1 до 1047) первичные сетевые показатели (см. [5, 6]):

- indegree_i – число входящих дуг;
- outdegree_i – число исходящих дуг;
- pagerank_i – вероятность попадания в данную вершину при случайном блуждании по дугам сети;
- clo_in_i – близость вершин сети к данной вершине;
- clo_out_i – близость данной вершины ко всем остальным вершинам сети;

⁴ Исключениями являются циклы длины два, отражающие отношения «синоним», «антоним» и «часть-целое».

- $betw_i$ – посредничество вершины: характеризует «встречаемость» вершины i на кратчайших путях сети между парами всех остальных вершин.

На основе первичных показателей для каждого термина определяются два производных:

- «значимость термина» - количественно характеризует его эффективную «используемость» в описании других терминов;

- «сложность термина» - количественно (условно) показывает, насколько другие термины используются в его описании.

Значимость i -го термина вычисляется по формуле ($0 \leq S \leq 1$):

$$S_i = \frac{\max R - R_i}{\max R - \min R}$$

где $R_i = \max\{\text{Rank indegree}_i, \text{Rank clo_in}_i, \text{Rank pagerank}_i\}$. Здесь и далее Rank – функция вычисления ранга величины. Значимость i -го термина максимальна при $S_i = 1$.

В свою очередь, сложность i -го термина вычисляется по формуле ($0 \leq R \leq 1$):

$$C_i = \frac{\max r - r_i}{\max r - \min r}$$

где $r_i = \max\{\text{Rank outdegree}_i, \text{Rank clo_out}_i\}$.

Сложность i -го термина максимальна при $C_i = 1$.

Дополнительно рассчитаем следующие показатели:

- $level_i$ – уровень вершины в сети (вершины уровня 0 не имеют исходящих дуг, уровня 1 ссылаются на вершины уровня 0, и т.д.),

- $weight_i$ – вес вершины в графе: число вершин, из которых есть путь в данную вершину,

- $freq_i$ – встречаемость вершины-термина в корпусе текстов.

Значения всех перечисленных показателей для всех терминов словаря приведены в таблице (файл Excel доступен по адресу https://www.ipu.ru/sites/default/files/page_file/CS_gloss_measures_app.xlsx).

К перечисленным показателям можно применить методы анализа, направленные на изучение взаимосвязи между ними.

4. Результаты анализа

4.1. ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕРМИНОВ

Используя разработанную сеть терминов и результаты обработки текстов публикаций (см. этап 2), рассчитаем все вышеперечисленные структурные (на основе сети связей) и статистические (на основе встречаемости в публикациях) показатели. На рис. 1 представлены значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена для показателей, характеризующих сеть терминов теории управления.

Выделим три кластера «близких по Спирмену» показателей (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $> 0,9$).

- Кластер «*значимость*»: значимость (significance), вес (weight), полустепень захода (indegree), pagerank, входящая близость (clo_in), посредничество (betw).

- Кластер «*сложность*»: сложность (complexity), полустепень исхода (outdegree), исходящая близость (clout).

- Кластер «*встречаемость*» состоит из одного показателя - частоты встречаемости терминов в корпусе публикаций ИПУ РАН (freq).

Рассмотрим зависимости между представителями этих кластеров (см. на рис. 2 попарные диаграммы рассеяния).

	level	weight	indegree	outdegree	pagerank	clo_in	clo_out	betw	complexity	significanc	freq
level	1,00	-0,23	-0,22	-0,41	-0,22	-0,23	0,01	-0,16	-0,23	-0,23	-0,26
weight	-0,23	1,00	0,99	0,03	0,99	1,00	-0,18	0,90	-0,12	0,99	0,64
indegree	-0,22	0,99	1,00	0,04	0,99	0,99	-0,17	0,91	-0,11	1,00	0,64
outdegree	-0,41	0,03	0,04	1,00	0,03	0,03	0,56	0,20	0,85	0,04	0,09
pagerank	-0,22	0,99	0,99	0,03	1,00	0,99	-0,17	0,91	-0,11	0,99	0,62
clo_in	-0,23	1,00	0,99	0,03	0,99	1,00	-0,18	0,90	-0,12	0,99	0,64
clo_out	0,01	-0,18	-0,17	0,56	-0,17	-0,18	1,00	0,01	0,83	-0,17	-0,14
betw	-0,16	0,90	0,91	0,20	0,91	0,90	0,01	1,00	0,07	0,91	0,58
complexity	-0,23	-0,12	-0,11	0,85	-0,11	-0,12	0,83	0,07	1,00	-0,11	-0,06
significanc	-0,23	0,99	1,00	0,04	0,99	0,99	-0,17	0,91	-0,11	1,00	0,63
freq	-0,26	0,64	0,64	0,09	0,62	0,64	-0,14	0,58	-0,06	0,63	1,00

Рис. 1. Попарные ранговые корреляции показателей вершин сети терминов

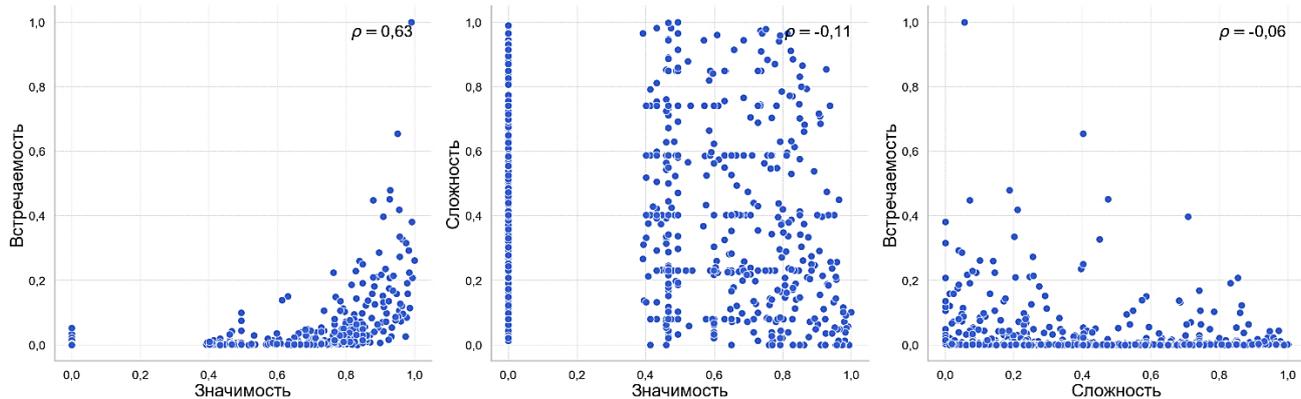


Рис. 2. Диаграммы рассеяния показателей «встречаемость», «значимость» и «сложность»

Значимость и сложность слабо коррелируют между собой, что логично: чем сложнее термин, тем реже он употребляется. В то же время, неплохо коррелируют значимость и встречаемость: чем значимее термин, тем чаще он встречается в текстах. Также наблюдается слабая отрицательная корреляция между встречаемостью и сложностью.

Для показателя встречаемости терминов в корпусе текстов построим распределение терминов по убыванию этого показателя (см. рис. 3): кумулятивная кривая⁵ выходит на уровень насыщения в точке примерно 300 терминов (данные кумулятивной встречаемости хорошо аппроксимируются функцией арктангенса ($R^2 = 0,99$)). На рис. 4 (облако слов) можно увидеть наиболее часто встречающиеся термины.

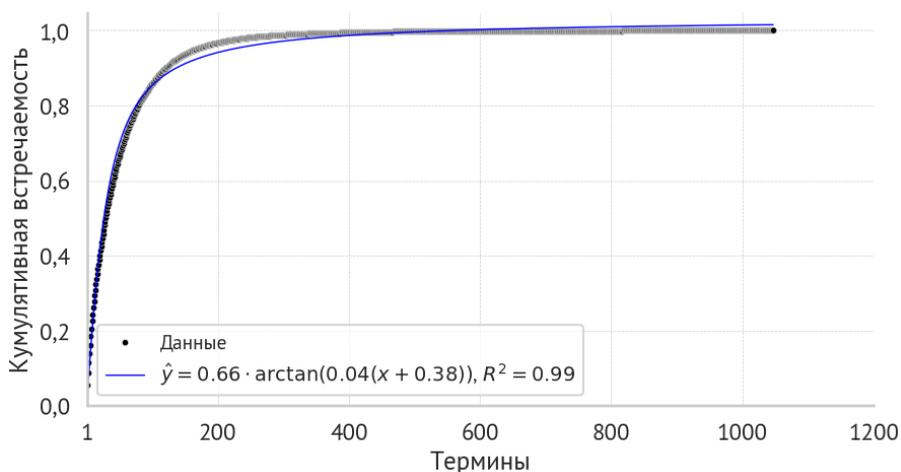


Рис. 3. Встречаемость терминов

⁵ Здесь и далее кумулятивная кривая отражает накопление весов терминов (промежуточную их сумму), начиная с самого часто встречающегося или значимого термина.

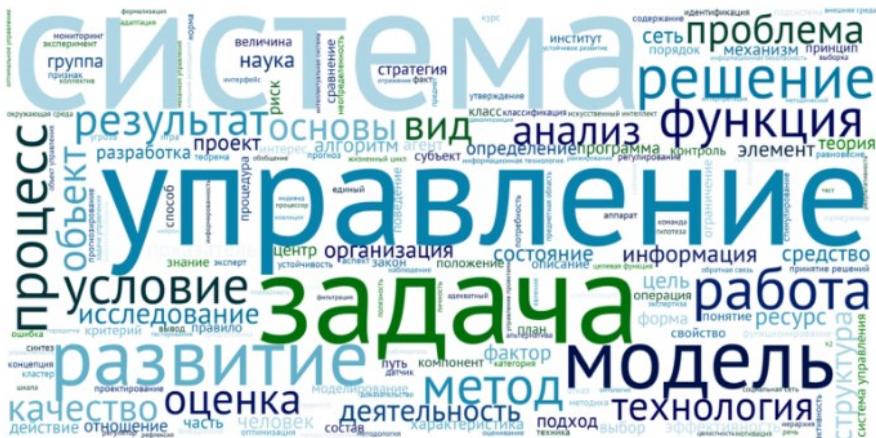


Рис. 4. Встречаемость терминов: облако терминов

Для наглядного представления значимости терминов построим их распределение по убыванию (см. Рис. 5). Словарь содержит примерно 400 значимых (с отличной от нуля значимостью) терминов (наиболее значимые из них представлены в виде облака слов – см. Рис. б).

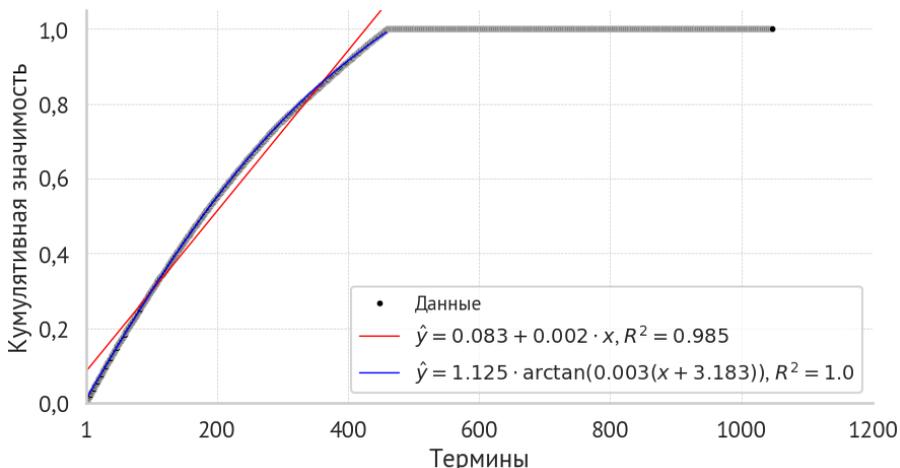


Рис. 5. Значимость терминов



Рис. 6. Значимость терминов: облако терминов

Иерархия терминов. Наверное, термины более общего характера должны находиться в иерархической структуре сети терминов «выше», чем более специфические. Для того, чтобы проверить эту гипотезу, разобьем экспертно все термины на четыре группы (по убыванию степени общности):

1. Философские категории;
2. Общенаучные термины;
3. Термины, специфичные для теории управления;
4. Термины, специфичные для смежных областей.

Построим граф связей между введенными группами терминов (см. Рис. 7). В этом графе вершиной является группа, направление связей отражает направление ссылок в описаниях терминов, а вес каждой связи определяется количеством связей между конкретными терминами внутри и между группами.



Рис. 7. Граф связей между группами терминов

В словаре заметно преобладание терминов, специфичных для теории управления, в то время как общенаучных терминов меньше в три раза, а «философские категории» представлены в наименьшем объеме. Стоит отметить отсутствие некорректных определений более общих терминов через более специфичные термины (см. критерий «а» выше).

Различаются ли группы терминов в точки зрения их структурной сложности, значимости и встречаемости? Приведем в таблице 1 усредненные значения показателей.

Таблица 1 – Средние показатели в группах и число терминов

Группа	Сложность	Значимость	Встречаемость	Число терминов
1 (философские категории)	0,05	0,90	0,16	27
2 (общенаучные термины)	0,35	0,61	0,06	208
3 (термины, специфичные для теории управления)	0,41	0,17	0,001	631
4 (термины, специфичные для смежных областей)	0,41	0,22	0,001	181

В группах последовательно, с одной стороны, возрастает средняя сложность, а с другой – снижается значимость и встречаемость терминов (см. критерии «а»-«в» выше). Доля суммарной встречаемости терминов группы 1 составляет 0,231, группы 2 – 0,713, группы 3 – 0,048, группы 4 – 0,008.

Проведем далее анализ для каждой из групп терминов теории управления.

4.2. ТЕРМИНЫ – ФИЛОСОФСКИЕ КАТЕГОРИИ

Рассчитаем ранговую корреляцию Спирмена для показателей, характеризующих термины из группы «философские категории» (Рис. 8).

На рисунках 9 и 10 приведены соответственно график кумулятивной встречаемости и облако терминов, построенное по этому критерию. На рисунках 11 и 12 – аналогично для критерия «значимость». Отметим, что термины из группы «философские категории» имеют примерно одинаковую значимость (Рис. 11).

	level	weight	indegree	outdegree	pagerank	clo_in	clo_out	betw	complexity	significance	freq
level	1,00	-0,64	-0,01	0,66	-0,40	-0,46	0,68	0,63	0,68	-0,11	0,14
weight	-0,64	1,00	0,08	-0,60	0,67	0,74	-0,66	-0,30	-0,66	0,28	-0,04
indegree	-0,01	0,08	1,00	0,08	0,62	0,61	0,09	0,30	0,09	0,96	0,67
outdegree	0,66	-0,60	0,08	1,00	-0,28	-0,34	0,96	0,84	0,96	-0,07	0,17
pagerank	-0,40	0,67	0,62	-0,28	1,00	0,93	-0,34	0,11	-0,34	0,75	0,28
clo_in	-0,46	0,74	0,61	-0,34	0,93	1,00	-0,40	0,06	-0,40	0,76	0,27
clo_out	0,68	-0,66	0,09	0,96	-0,34	-0,40	1,00	0,77	1,00	-0,05	0,21
betw	0,63	-0,30	0,30	0,84	0,11	0,06	0,77	1,00	0,77	0,24	0,20
complexity	0,68	-0,66	0,09	0,96	-0,34	-0,40	1,00	0,77	1,00	-0,05	0,21
significance	-0,11	0,28	0,96	-0,07	0,75	0,76	-0,05	0,24	-0,05	1,00	0,57
freq	0,14	-0,04	0,67	0,17	0,28	0,27	0,21	0,20	0,21	0,57	1,00

Рис. 8. Корреляции Спирмена показателей терминов «философские категории»

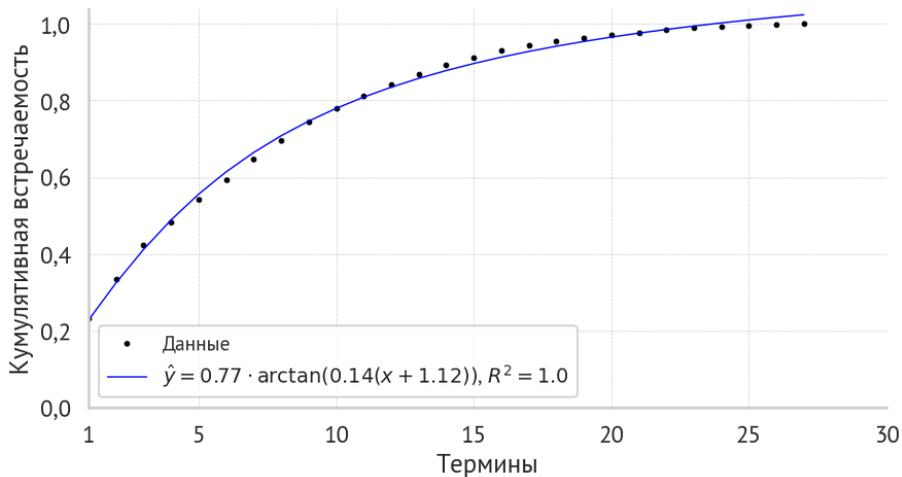


Рис. 9. Встречаемость терминов «философские категории»



Рис. 10. Встречаемость терминов «философские категории»

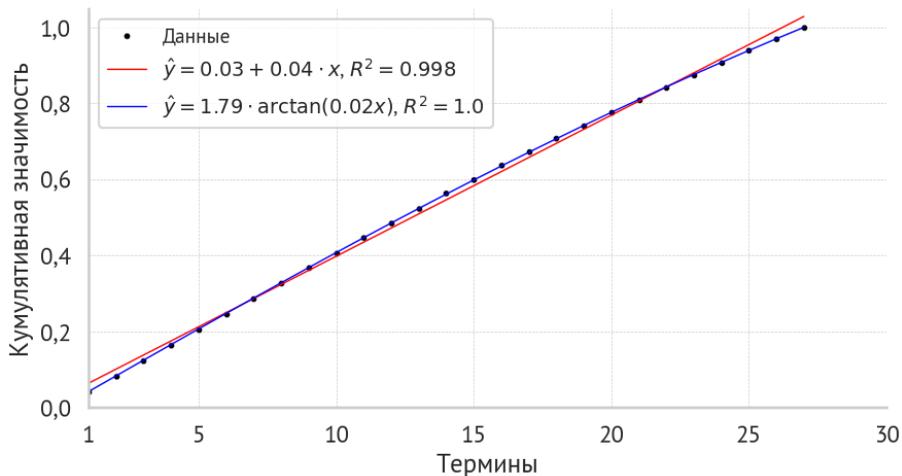


Рис. 11. Значимость терминов «философские категории»

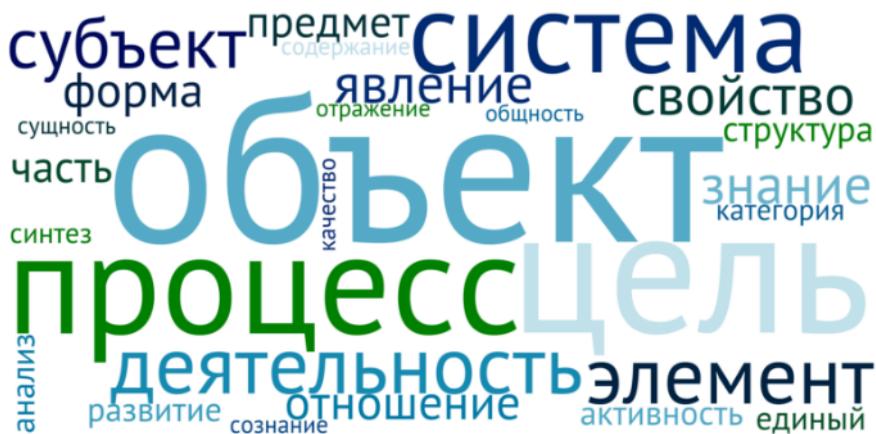


Рис. 12. Значимость терминов «философские категории»

4.3. ОБЩЕНАУЧНЫЕ ТЕРМИНЫ

Рассчитаем ранговую корреляцию Спирмена для показателей, характеризующих общенаучные термины (Рис. 14).

На рисунках 15 и 16 приведены соответственно график кумулятивной встречаемости и облако терминов, построенное по этому критерию. На рисунках 17 и 18 – аналогично для критерия «значимость».

	level	weight	indegree	outdegree	pagerank	clo_in	clo_out	betw	complexity	significanc	freq
level	1,00	-0,29	-0,27	-0,19	-0,32	-0,31	0,24	-0,13	0,07	-0,28	-0,27
weight	-0,29	1,00	0,82	-0,06	0,89	0,97	-0,29	0,69	-0,19	0,88	0,67
indegree	-0,27	0,82	1,00	0,00	0,95	0,85	-0,19	0,74	-0,10	0,98	0,77
outdegree	-0,19	-0,06	0,00	1,00	0,01	-0,02	0,62	0,35	0,82	0,00	0,03
pagerank	-0,32	0,89	0,95	0,01	1,00	0,93	-0,20	0,77	-0,10	0,97	0,72
clo_in	-0,31	0,97	0,85	-0,02	0,93	1,00	-0,24	0,76	-0,14	0,91	0,69
clo_out	0,24	-0,29	-0,19	0,62	-0,20	-0,24	1,00	0,26	0,90	-0,20	-0,15
betw	-0,13	0,69	0,74	0,35	0,77	0,76	0,26	1,00	0,33	0,76	0,59
complexity	0,07	-0,19	-0,10	0,82	-0,10	-0,14	0,90	0,33	1,00	-0,11	-0,09
significanc	-0,28	0,88	0,98	0,00	0,97	0,91	-0,20	0,76	-0,11	1,00	0,76
freq	-0,27	0,67	0,77	0,03	0,72	0,69	-0,15	0,59	-0,09	0,76	1,00

Рис. 14. Корреляции Спирмена показателей общенаучных терминов

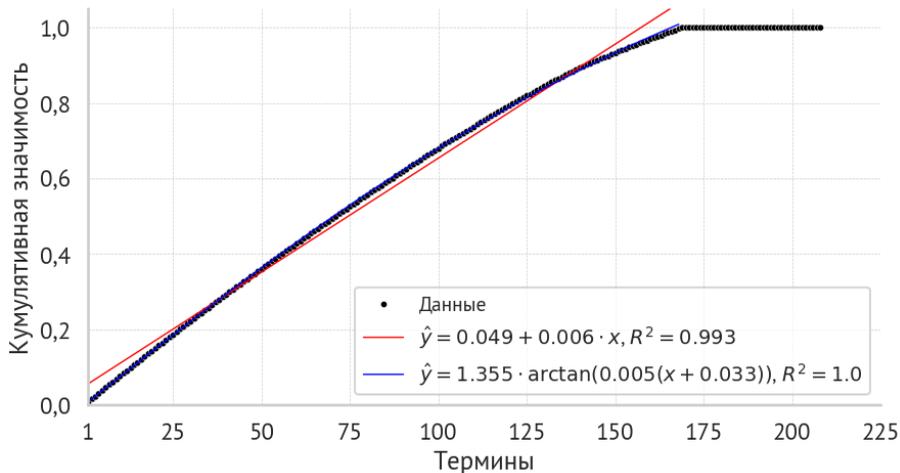


Рис. 17. Значимость общенаучных терминов

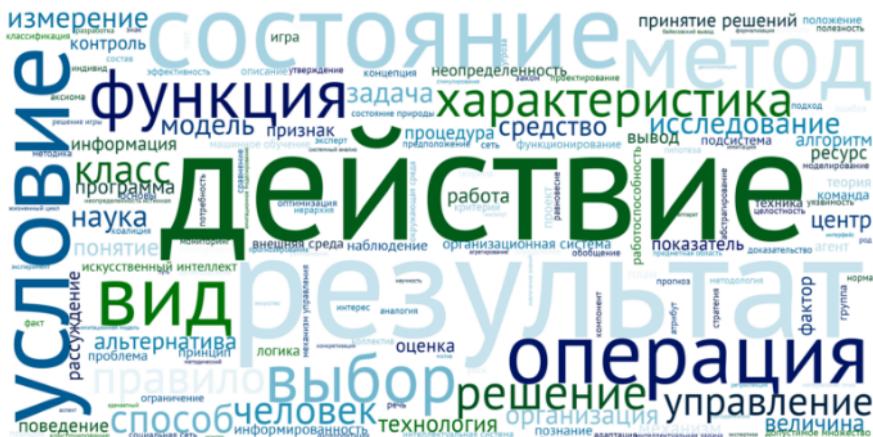


Рис. 18. Значимость общенаучных терминов

4.4. ТЕРМИНЫ, СПЕЦИФИЧНЫЕ ДЛЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ

Рассчитаем ранговую корреляцию Спирмена для показателей, характеризующих специфичные для теории управления термины (Рис. 19). На рисунках 20 и 21 приведены соответственно график кумулятивной встречаемости и облако терминов, построенное по этому критерию. На рисунках 22 и 23 – аналогично для критерия «значимость».

	level	weight	indegree	outdegree	pagerank	clo_in	clo_out	betw	complexity	significanc	freq
level	1,00	-0,06	-0,06	-0,55	-0,05	-0,06	-0,19	-0,08	-0,43	-0,06	-0,11
weight	-0,06	1,00	0,99	0,06	0,99	1,00	0,00	0,94	0,03	0,99	0,38
indegree	-0,06	0,99	1,00	0,06	0,99	1,00	0,00	0,94	0,03	1,00	0,38
outdegree	-0,55	0,06	0,06	1,00	0,06	0,06	0,57	0,15	0,88	0,06	0,13
pagerank	-0,05	0,99	0,99	0,06	1,00	0,99	0,01	0,95	0,03	1,00	0,37
clo_in	-0,06	1,00	1,00	0,06	0,99	1,00	0,00	0,94	0,03	1,00	0,38
clo_out	-0,19	0,00	0,00	0,57	0,01	0,00	1,00	0,10	0,81	0,01	0,06
betw	-0,08	0,94	0,94	0,15	0,95	0,94	0,10	1,00	0,13	0,95	0,37
complexity	-0,43	0,03	0,03	0,88	0,03	0,03	0,81	0,13	1,00	0,03	0,10
significanc	-0,06	0,99	1,00	0,06	1,00	1,00	0,01	0,95	0,03	1,00	0,38
freq	-0,11	0,38	0,38	0,13	0,37	0,38	0,06	0,37	0,10	0,38	1,00

Рис. 19. Корреляции Спирмена показателей терминов, специфичных для теории управления»

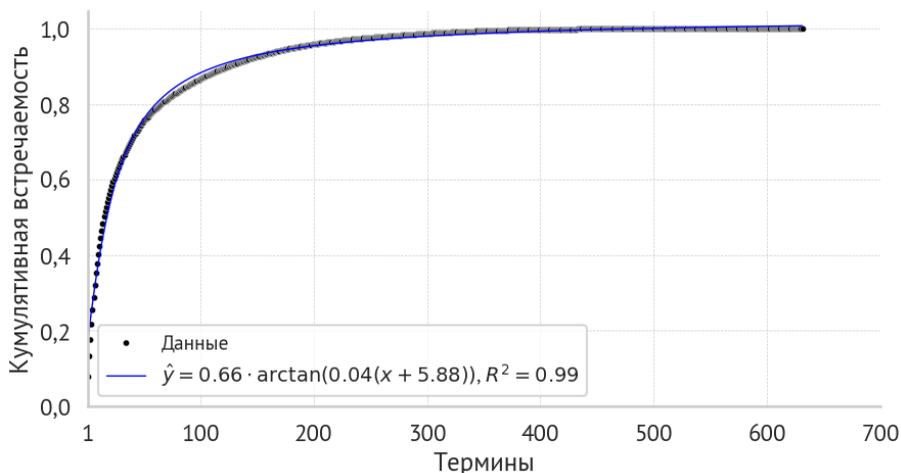


Рис. 20. Встречаемость терминов, специфичных для теории управления

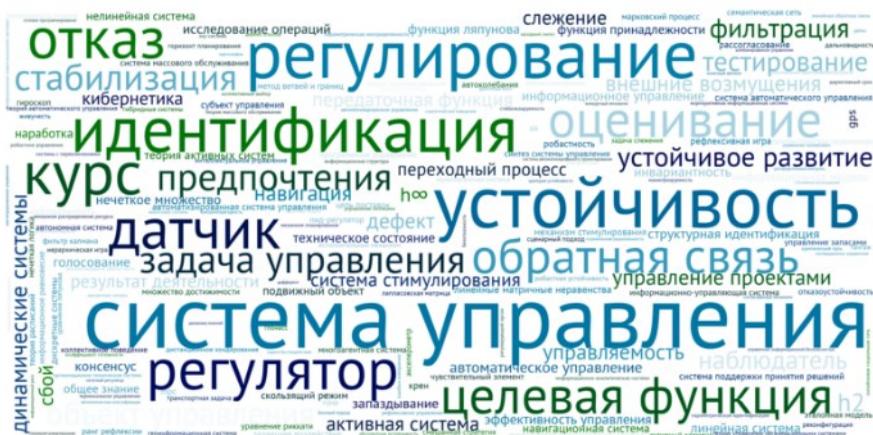


Рис. 21. Встречаемость терминов, специфичных для теории управления

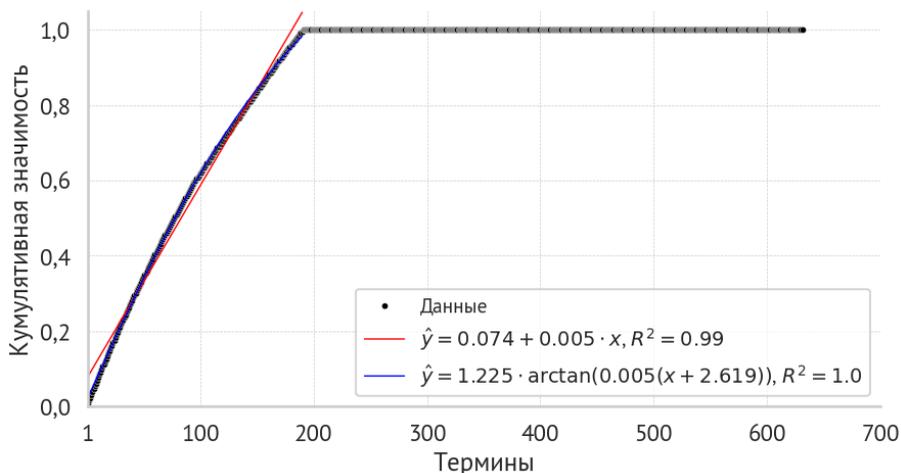


Рис. 22. Значимость терминов, специфичных для теории управления



Рис. 23. Значимость терминов, специфичных для теории управления

4.5. ТЕРМИНЫ, СПЕЦИФИЧНЫЕ ДЛЯ СМЕЖНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Рассчитаем ранговую корреляцию Спирмена для показателей, характеризующих специфичные для смежных областей термины (Рис. 26). На рисунках 27 и 28 приведены соответственно график кумулятивной встречаемости и облако терминов, построенное по этому критерию. На рисунках 29 и 30 – аналогично для критерия «значимость».

	level	weight	indegree	outdegree	pagerank	clo_in	clo_out	betw	complexity	significanc	freq
level	1,00	0,08	0,07	-0,47	0,11	0,08	-0,07	0,03	-0,38	0,08	-0,08
weight	0,08	1,00	0,98	0,09	0,97	1,00	0,10	0,89	0,06	0,98	0,44
indegree	0,07	0,98	1,00	0,10	0,98	0,99	0,10	0,90	0,06	0,99	0,44
outdegree	-0,47	0,09	0,10	1,00	0,06	0,09	0,55	0,21	0,91	0,09	0,18
pagerank	0,11	0,97	0,98	0,06	1,00	0,98	0,12	0,90	0,03	0,99	0,41
clo_in	0,08	1,00	0,99	0,09	0,98	1,00	0,10	0,89	0,05	0,99	0,44
clo_out	-0,07	0,10	0,10	0,55	0,12	0,10	1,00	0,26	0,74	0,11	0,09
betw	0,03	0,89	0,90	0,21	0,90	0,89	0,26	1,00	0,19	0,91	0,46
complexity	-0,38	0,06	0,06	0,91	0,03	0,05	0,74	0,19	1,00	0,05	0,13
significanc	0,08	0,98	0,99	0,09	0,99	0,99	0,11	0,91	0,05	1,00	0,43
freq	-0,08	0,44	0,44	0,18	0,41	0,44	0,09	0,46	0,13	0,43	1,00

Рис. 26. Корреляции Спирмена показателей терминов, специфичных для смежных областей

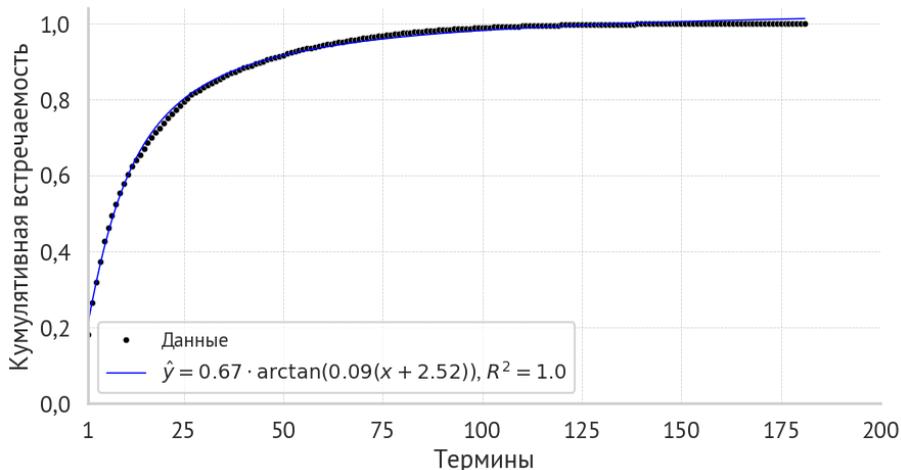


Рис. 27. Встречаемость терминов, специфичных для смежных областей

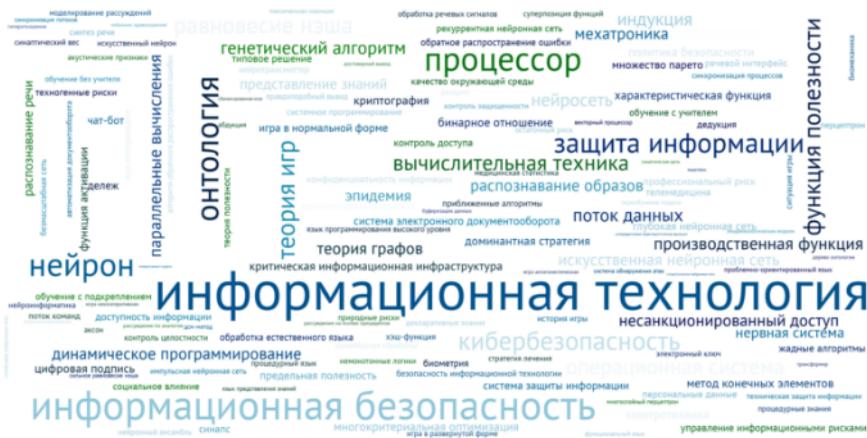


Рис. 28. Встречаемость терминов, специфичных для смежных областей

- показатель *значимость термина* (significance) тесно коррелирует с показателями «вес» (weight), полустепень захода (indegree), pagerank, входящая близость (clo_in) и посредничество (betw);
- показатель *сложность термина* (complexity) тесно коррелирует с полустепенью исхода (outdegree) и исходящей близостью (clout);
- показатель *встречаемость* является независимым и не связан с другими показателями.

Следовательно, для анализа системы понятий можно использовать всего три показателя: значимость, сложность и встречаемость.

Для аппроксимации кумулятивных кривых встречаемости и значимости использовались разнообразные семейства функций, в том числе с тяжелыми хвостами и логистические. Результаты показывают, что для всех групп терминов наилучшие результаты дает обратная тригонометрическая функция (арктангенс). Можно отметить, что кривые встречаемости имеют тенденцию к насыщению или стабилизации на определенном уровне (т.е. при достижении определенного количества терминов).

Кроме того, приведенные облака терминов «говорят» о том, что и система основных понятий, и ее группы терминов адекватно отражают предмет теории управления.

4. Заключение

В настоящем исследовании проведен анализ взаимосвязей между ключевыми сетевыми характеристиками системы основных понятий теории управления, разработанной экспертами ИПУ РАН. Проведена валидация разработанного словаря, оценена системность выделения основных понятий. Показано соблюдение иерархичности терминов - от общего к частному: четкая иерархическая структура связей между определениями терминов, без циклических ссылок в определениях; иерархическая структура связей между группами терминов: философские категории, общенаучные термины, термины, специфичные для теории управления, и термины, специфичные для смежных областей. Распределение терминов таково, что наблюдается уменьшение их структурной значимости и увеличение сложности при движении по иерархии сверху вниз: в группах терминов последовательно, с одной стороны, возрастает средняя сложность, а с другой – снижается значимость и встречаемость терминов. Подтверждена значимость терминов на основе статистики их встречаемости в корпусе текстов по теории управления.

Перспективными направлениями дальнейших исследований являются: сравнение результатов анализа встречаемости понятий в области теории управления в различных источниках публикаций (в частности, в тех или иных журналах и конференциях по теории управления), сопоставление с системами понятий в других областях знаний.

Литература

1. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А., МАКАРЕНКО А.В. *Методы анализа терминологической структуры предметной области // Управление большими системами*. 2013. Выпуск 43. – С. 5-33.
2. ГУБАНОВ Д.А., НОВИКОВ Д.А. *Методы извлечения и анализа терминологических структур смежных предметных областей (на примере методологии) // Онтология проектирования*. 2018. Т. 8. № 3 (29). – С. 347-365.
3. *Теория управления. Терминология*. Вып. 107. М.: Наука, 1988. – 56 с.
4. *Теория управления: словарь системы основных понятий*. – Москва, 2024.

5. WAN Z., MAHAJAN Y., KANG B., MOORE T., CHO J. *A survey on Centrality Metrics and their Network Resilience Analysis* // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 104 773–819.
6. BLOCH F., JACKSON M., TEBALDI P. *Centrality Measures in Networks* // Social Choice and Welfare. 2023. Vol. 61. – P. 413–453.
7. *Glossary of Control Engineering Terms* (www.actc-control.com/glossary).
8. KARBA R., KOCIJAN J., BAJD T., KARER M., KARER G. *Terminological Dictionary of Automatic Control, Systems and Robotics*. – Heidelberg: Springer, 2024. – 249 p.

ANALYSIS OF THE TERMINOLOGICAL STRUCTURE OF CONTROL THEORY

Dmitry Novikov, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science, professor (novikov@ipu.ru).

Dmitry Gubanov, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science (gubanov@ipu.ru).

Abstract: A glossary of fundamental concepts is crucial for standardizing terminology, supporting education, and fostering interdisciplinary research, enhancing mutual understanding and effective communication in the field. In control theory, experts from the Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences developed a concept system that encompasses 1047 terms, each with a name, translation, and description, including references to other terms. This study aims to analyze the interconnections between the system's key network characteristics and validate the glossary's systematicity and principles of concept selection: hierarchy, balance, significance, and modularity. We confirmed the hierarchical organization of terms and identified clearly defined groups with established hierarchical structure of references. The research noted a reduction in the terms' structural significance and an increase in complexity when moving through the hierarchy from top to bottom, indicating modularity and balance. The analysis validated the terms' significance by their frequency of occurrence in control theory texts.

Keywords: terminological structure, control theory, network analysis, principles of systematizing concepts

УДК 519.24
ББК 22.17

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии ...заполняется редактором...*

Поступила в редакцию ...заполняется редактором...

Опубликована ...заполняется редактором...