

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова «БГТУ им. В. Г. Шухова»



На правах рукописи

Каратач Сергей Александрович

**Длинное название диссертационной работы, состоящее
из достаточно большого количества слов, совсем длинное
длинное длинное длинное название, из которого простому
обывателю знакомы, в лучшем случае, лишь отдельные
слова**

Специальность 02.03.01 —

«Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, профессор
Синюк Василий Григорьевич

Белгород — 2025

Оглавление

	Стр.
Введение	6
 Глава 1. Системы нечеткого вывода на основе несингלטонной фаззификации	
	10
1.1 Методы нечеткого вывода	10
1.2 Несингלטонная фаззификация	11
1.3 Нечеткое значение истинности	14
1.3.1 Вычисление нечеткого значения истинности, когда функции принадлежности формализуются гауссовыми функциями	17
1.4 Сравнение нечетких логических систем с нечеткими системами типа Мамдани и Такаги-Сугено	18
1.5 Выводы	18
 Глава 2. Метод нечеткого вывода на основе нечеткого значения истинности	
	19
2.1 Постановка задачи нечеткого вывода	19
2.2 Вывод на основе нечеткого значения истинности	20
2.3 Вывод для систем логического типа	23
2.4 Анализ эффективности методов нечеткого вывода	23
2.5 Сравнительный анализ логического подхода к нечетком выводу с подходом Мамдани	23
2.6 Сравнение нечеткого вывода с использованием различных методов дефаззификации	23
2.6.1 Дефаззификация по методу центра тяжести	24
2.6.2 Дефаззификация по методу центра области	24
2.6.3 Дефаззификация по методу среднего центра	24
2.6.4 Дефаззификация по методу суммы центров	24
2.6.5 Дефаззификация по методу среднего максимума	25

2.7	Нечеткий вывод при выходной лингвистической переменной с низкой степенью пересечения с функциями принадлежности термов	25
2.8	Прогнозирование временных рядов на основе нечетких систем логического типа с использованием нечеткого значения истинности	26
Глава 3. Программная реализация разработанного метода нечеткого вывода с применением технологии CUDA . .		28
3.1	Вычисление нечеткого значения истинности с помощью дискретизации функций принадлежности	29
3.2	Алгоритм свертки НЗИ при $T_1 = \min$ и T_3 - неубывающая по всем аргументам	29
3.3	Реализация дефаззификации	29
3.4	Использование библиотеки ArborX	30
3.5	Алгоритм построения базы правил	33
Глава 4. Системы нечеткого вывода на основе несингтонной фаззификации		34
4.1	Форматирование текста	35
4.2	Ссылки	35
4.3	Формулы	36
4.3.1	Ненумерованные одиночные формулы	36
4.3.2	Ненумерованные многострочные формулы	37
4.3.3	Нумерованные формулы	39
4.3.4	Форматирование чисел и размерностей величин	40
4.3.5	Заголовки с формулами: $a^2 + b^2 = c^2$, $ \operatorname{Im}\Sigma(\varepsilon) \approx \text{const}$, $\sigma_{xx}^{(1)}$	41
4.4	Рецензирование текста	43
4.5	Работа со списком сокращений и условных обозначений	44
Глава 5. Длинное название главы, в которой мы смотрим на примеры того, как будут верстаться изображения и списки		46

	Стр.
5.1	Одиночное изображение 46
5.2	Длинное название параграфа, в котором мы узнаём как сделать две картинки с общим номером и названием 46
5.3	Векторная графика 47
5.4	Пример вёрстки списков 49
5.5	Традиции русского набора 51
5.5.1	Пробелы 51
5.5.2	Математические знаки и символы 51
5.5.3	Кавычки 52
5.5.4	Тире 52
5.5.5	Дефисы и переносы слов 53
5.6	Текст из панграмм и формул 53
Глава 6.	Вёрстка таблиц 58
6.1	Таблица обыкновенная 58
6.2	Таблица с многострочными ячейками и примечанием 59
6.3	Таблицы с форматированными числами 59
6.4	Параграф — два 60
6.5	Параграф с подпараграфами 61
6.5.1	Подпараграф — один 61
6.5.2	Подпараграф — два 61
Заключение	64
Словарь терминов	65
Список рисунков	66
Список таблиц	67
Приложение А. Примеры вставки листингов программного кода	68
Приложение Б. Очень длинное название второго приложения, в котором продемонстрирована работа с длинными таблицами	74
Б.1	Подраздел приложения 74

	Стр.
Б.2 Ещё один подраздел приложения	76
Б.3 Использование длинных таблиц с окружением <i>longtblr</i> из пакета <i>tabulararray</i>	80
Б.4 Форматирование внутри таблиц	83
Б.5 Стандартные префиксы ссылок	85
Б.6 Очередной подраздел приложения	86
Б.7 И ещё один подраздел приложения	86
Приложение В. Чертёж детали	87

Введение

Обзор, введение в тему, обозначение места данной работы в мировых исследованиях и т. п., можно использовать ссылки на другие работы [**Gosele1999161**, **Lermontov**] (если их нет, то в автореферате автоматически пропадёт раздел «Список литературы»). Внимание! Ссылки на другие работы в разделе общей характеристики работы можно использовать только при использовании `biblatex` (из-за технических ограничений `bibtex8`. Это связано с тем, что одна и та же характеристика используются и в тексте диссертации, и в автореферате. В последнем, согласно ГОСТ, должен присутствовать список работ автора по теме диссертации, а `bibtex8` не умеет выводить в одном файле два списка литературы). При использовании `biblatex` возможно использование исключительно в автореферате подстрочных ссылок для других работ командой `\autocite [Marketing]`, а также цитирование собственных работ командой `\cite`. Для этого в файле `common/setup.tex` необходимо присвоить положительное значение счётчику `\setcounter{usefootcite}{1}`.

Для генерации содержимого титульного листа автореферата, диссертации и презентации используются данные из файла `common/data.tex`. Если, например, вы меняете название диссертации, то оно автоматически появится в итоговых файлах после очередного запуска `LATEX`. Согласно ГОСТ 7.0.11-2011 «5.1.1 Титульный лист является первой страницей диссертации, служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа». Наличие логотипа организации на титульном листе упрощает обработку и поиск, для этого разметите логотип вашей организации в папке `images` в формате PDF (лучше найти его в векторном варианте, чтобы он хорошо смотрелся при печати) под именем `logo.pdf`. Настроить размер изображения с логотипом можно в соответствующих местах файлов `title.tex` отдельно для диссертации и автореферата. Если вам логотип не нужен, то просто удалите файл с логотипом.

Этот абзац появляется только в диссертации. Через проверку условия `\ifsynopsis`, задаваемого в основном файле документа (`dissertation.tex` для диссертации), можно сделать новую команду, обеспечивающую появление цитаты в диссертации, но не в автореферате.

Целью данной работы является повышение эффективности анализа неопределенных данных путем разработки математического и программного обеспечения на основе мягких вычислений.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Провести обзор проблем и предлагаемых подходов построения нечетких систем анализа данных с качественным описанием.
2. Разработать метод вывода на основе нечеткого значения истинности для системы MISO-структуры логического типа, обеспечивающий полиномиальную вычислительную сложность.
3. Выполнить программную реализацию выработанного метода нечеткого вывода с использованием технологии параллельных вычислений CUDA, обеспечив эффективность реализации за счет внедрения оптимизаций алгоритма вывода.
4. Применить разработанный модуль нечеткого логического вывода для высокопроизводительного анализа зашумленных данных в выбранной предметной области.

Научная новизна:

1. Впервые применено нечеткое значение истинности и принцип обобщения для получения выходного значения при нескольких нечетких входах в соответствии с обобщенным нечетким правилом вывода *modus ponens* для нечетких систем логического типа, в результате чего была получена новая структура базы правил: «Если *истинно*, то B_k ».
2. Разработан метод нечеткого вывода логического типа с использованием нечеткого значения истинности, имеющий полиномиальную вычислительную сложность при многих нечетких входах.
3. Разработан метод регрессии временных рядов с нечеткими оценками измеренных значений на основе предложенного метода нечеткого вывода логического типа и алгоритм построения базы правил
4. Разработан параллельный алгоритм, реализующий нечеткий вывод на основе нечеткого значения истинности с применением отбора . . .

Практическая значимость . . .

Методология и методы исследования. . . .

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Метод вывода для нечетких систем логического типа на основе нечеткого значения истинности, имеющий полиномиальную вычислительную сложность при многих нечетких входах.
2. Метод регрессии для временных рядов с нечеткими оценками измеренных значений на основе метода нечеткого вывода логического типа.
3. Разработанный вид нечетких правил «Если *истинно*, то B_k ».
4. Разработанный параллельный алгоритм для предложенного метода вывода и его эффективная реализация на графическом процессоре с поддержкой технологии CUDA.
5. ...
6. ...

В папке Documents можно ознакомиться с решением совета из Томского ГУ (в файле Def_positions.pdf), где обоснованно даются рекомендации по формулировкам защищаемых положений.

Соответствие диссертации научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим областям исследования:

- п. 10 «Методы и алгоритмы интеллектуальной поддержки при принятии управленческих решений в технических системах».

Достоверность полученных результатов обеспечивается ... Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на: перечисление основных конференций, симпозиумов и т. п.

Личный вклад. Все изложенные в диссертации результаты исследования получены либо соискателем лично, либо при его непосредственном участии.

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в 0 печатных изданиях, 0 из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК.

При использовании пакета biblatex будут подсчитаны все работы, добавленные в файл biblio/author.bib. Для правильного подсчёта работ в различных системах цитирования требуется использовать поля:

- authorvak если публикация индексируется ВАК,
- authorscopus если публикация индексируется Scopus,

- `authorwos` если публикация индексирована Web of Science,
- `authorconf` для докладов конференций,
- `authorpatent` для патентов,
- `authorprogram` для зарегистрированных программ для ЭВМ,
- `authorother` для других публикаций.

Для подсчёта используются счётчики:

- `citeauthorvak` для работ, индексируемых ВАК,
- `citeauthorscopus` для работ, индексируемых Scopus,
- `citeauthorwos` для работ, индексируемых Web of Science,
- `citeauthorvakscopuswos` для работ, индексируемых одной из трёх баз,
- `citeauthorscopuswos` для работ, индексируемых Scopus или Web of Science,
- `citeauthorconf` для докладов на конференциях,
- `citeauthorother` для остальных работ,
- `citeauthorpatent` для патентов,
- `citeauthorprogram` для зарегистрированных программ для ЭВМ,
- `citeauthor` для суммарного количества работ.

Для добавления в список публикаций автора работ, которые не были процитированы в автореферате, требуется их перечислить с использованием команды `\nocite` в `Synopsis/content.tex`.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и 3 приложений. Полный объём диссертации составляет 87 страниц, включая 17 рисунков и 18 таблиц. Список литературы содержит 0 наименований.

Глава 1. Системы нечеткого вывода на основе несинглтонной фаззификации

1.1 Методы нечеткого вывода

Предложенная в 1965 году Заде теория нечетких множеств [zadeh1965] позже была использована для построения нечетких систем, которые нашли свое практическое применение в системах автоматизированного управления [mamdani1975], [Lee1990], прогнозирования временных последовательностей на зашумленных временных данных [<empty citation>] и распознавания образов [<empty citation>].

При нечетком выводе с использованием синглтонной фаззификации, входное значение рассматривается как точное значение измеряемой величины, исключаящее какую-либо погрешность измерений. Несинглтонная фаззификация позволяет учесть эту погрешность и передать ее вместе с измеренным значением на вход нечеткого вывода. Такой тип систем был подробно изучен в [mendel].

В отличие от синглтонной фаззификации, использование несинглтонной фаззификации в процедуре вывода имеет экспоненциальную вычислительную сложность при вычислении композиционного правила вывода. Некоторые работы пытаются направлены на обеспечение практической применимости нечетких систем на основе несинглтонной фаззификации [liang].

Другая трудность в использовании несинглтонной фаззификации состоит в точном моделировании неопределенной во входных значениях. В большинстве случаев применения несинглтонной фаззификации предполагается, что неопределенность во входах одно из общеизвестных распределений, как правило, гауссовое [6] или треугольное. Для корректного определения характера шума во входных значениях может потребоваться проведение отдельного анализа. Также можно внедрить механизм адаптивного моделирования неопределенности в блок несинглтонной фаззификации нечеткой системы, который бы оценивал уровень шума на основе потока входных данных [2].

1.2 Несинглтонная фаззификация

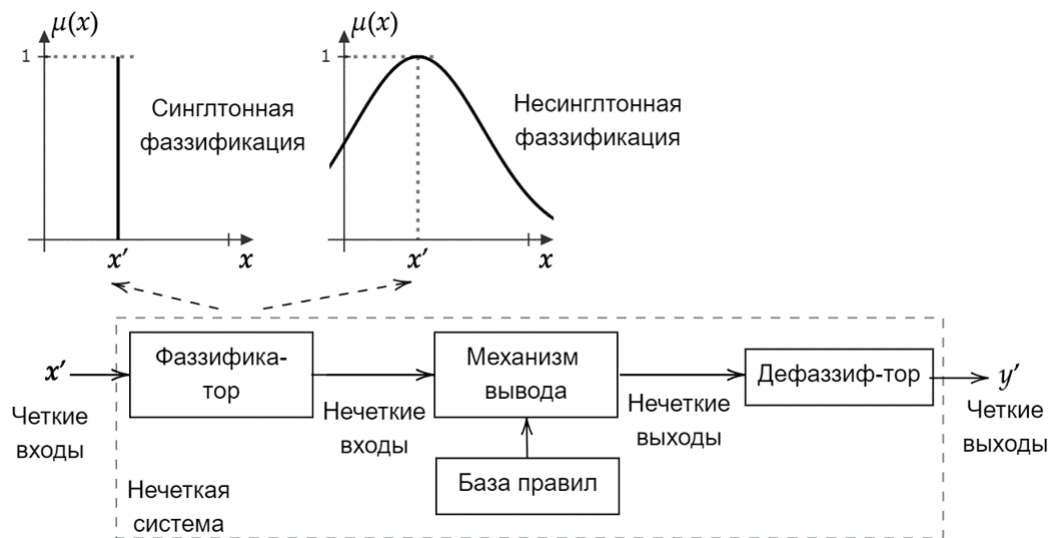


Рисунок 1.1 — Схема системы нечеткого вывода с использованием синглтонной и несинглтонной фаззификации

При использовании синглтонной фаззификации поданное на вход нечеткой системы значение интерпретируется как истинное значение измеряемой величины. Однако, в случае .Корректнее описывать значение измеренной величины с учетом компоненты ошибки измерений. В рамках алгебры нечеткой логики подаваемое на вход нечеткой системы значение может быть описано нечетким множеством, степень принадлежности которого имеет высокие значения как в точке измеренного значения, так и в окрестности оцениваемой величины погрешности этого значения.

Для оценки влияния разницы от использования каждого из двух способов фаззификации на корректность получаемого результата можно для системы логического типа. Мендель в своей книге проводил такое сравнение для систем типа Мамдани. Поскольку в системах типа Мамдани в качестве функции импликации выступает t -норма, то разница от применения двух способов фаззификации проявляется в различных максимальных уровнях линии пересечения ф. п. входной посылки и антецедента правила. В зависимости от минимум или произведение.

Применение композиционного правила вывода \sup здесь дает эффект *пре-фильтрации* (или *корректировки*) входного значения. То есть ядра функций

принадлежности antecedентов правил выполняют функцию эталонов, а уровень пересечения функции принадлежности для входного значения и ф. п. antecedента правила позволяет интерпретировать входное значение как суперпозицию эталонных значений antecedентов с долями равными этому уровню.

В случае с нечеткой системой логического типа, разница от использования различных способов фаззификации будет проявляться в различных формах выходного нечеткого множества.

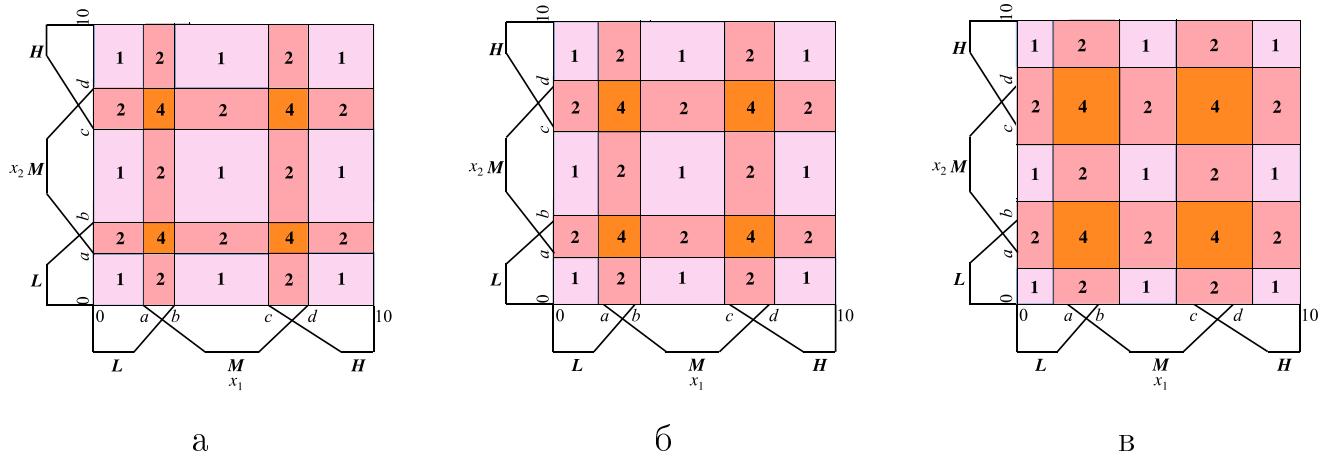


Рисунок 1.2 — Сравнение

В статье [1] Мендел также дополнительно иллюстрирует описанное выше с помощью карты разбиений первого и второго порядка на декартовом произведении базовых множеств входных лингвистических переменных. Разбиение первого порядка

Показанная на этих схемах динамика более ясно раскрыта на рисунке 1.2 для различных значениях среднеквадратичного отклонения в гауссовой ф. п. входного значения на примере агрегации выходной ф. п. нечеткой системы с тремя правилами в базе правил. Видно, что при переходе от синглтонной фаззификации к несинглтонной и при дальнейшем увеличении ширины среднеквадратичного отклонения ф. п. входного нечеткого множества, повышается уровень срабатывания первого правила, и, как следствие использования импликации Мамдани, уровень задействия ф. п. выходного нечеткого множества этого правила в результирующей агрегации. Кроме того, можно пронаблюдать, упомянутый ранее, эффект префильтрации входного значения antecedентом третьего правила.

Теперь можно проследить за влиянием увеличения ширины окна для измеренного значения на область выходного нечеткого множества нечеткой

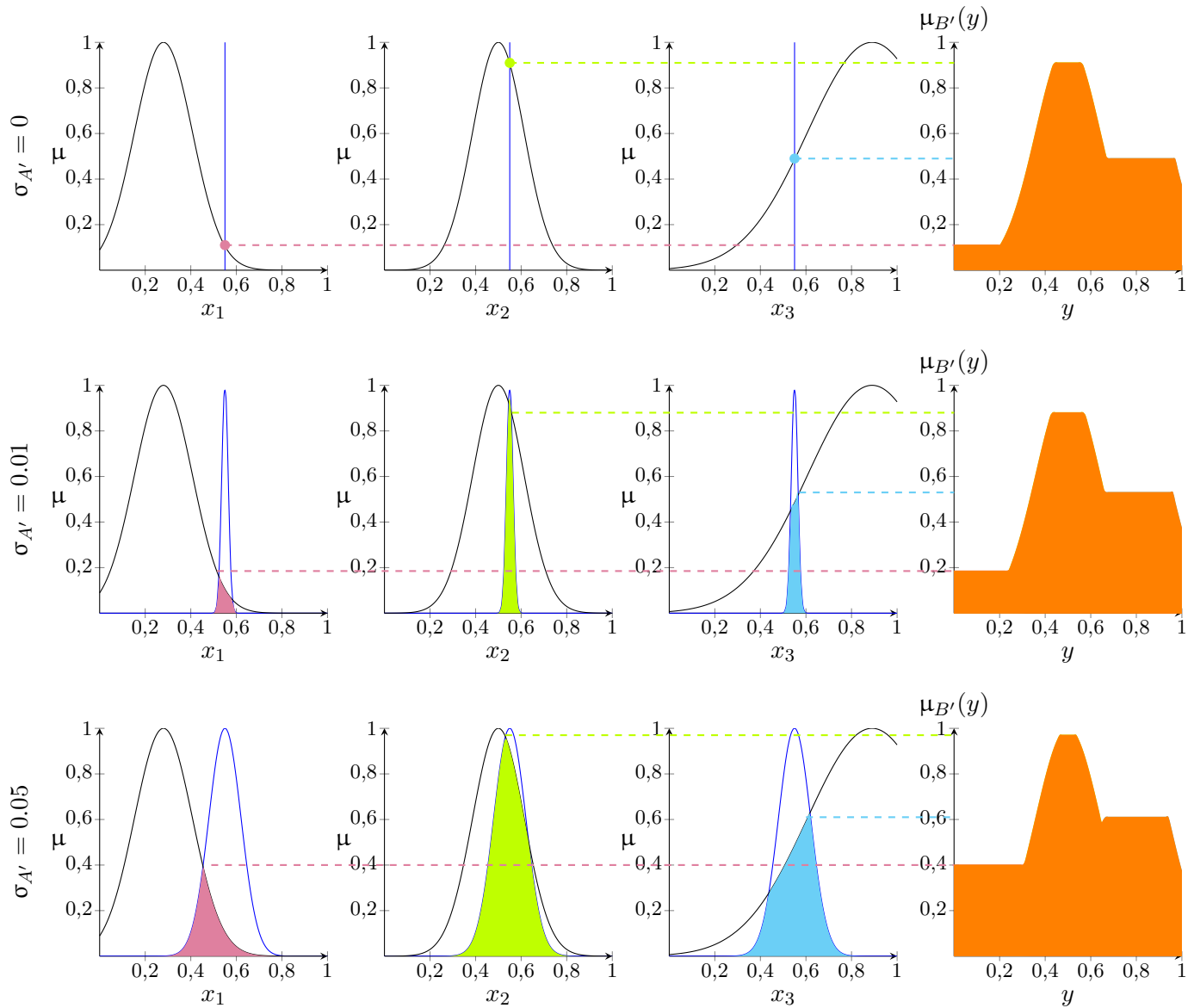


Рисунок 1.3 — Сравнение формы функции принадлежности для подхода Мамдани

системы при использовании логического подхода к нечеткому выводу. При логическом подходе функция принадлежности выходного нечеткого множества формируется как результат пересечения (в данном случае операцией *min*), что можно представить как постепенное вырезание области функции принадлежности выходного нечеткого множества. Из рисунка 1.2 видно, что при увеличении ширины в пересечении проекций импликации на пространство выходной переменной оказывается более «точно выкроенная» область.

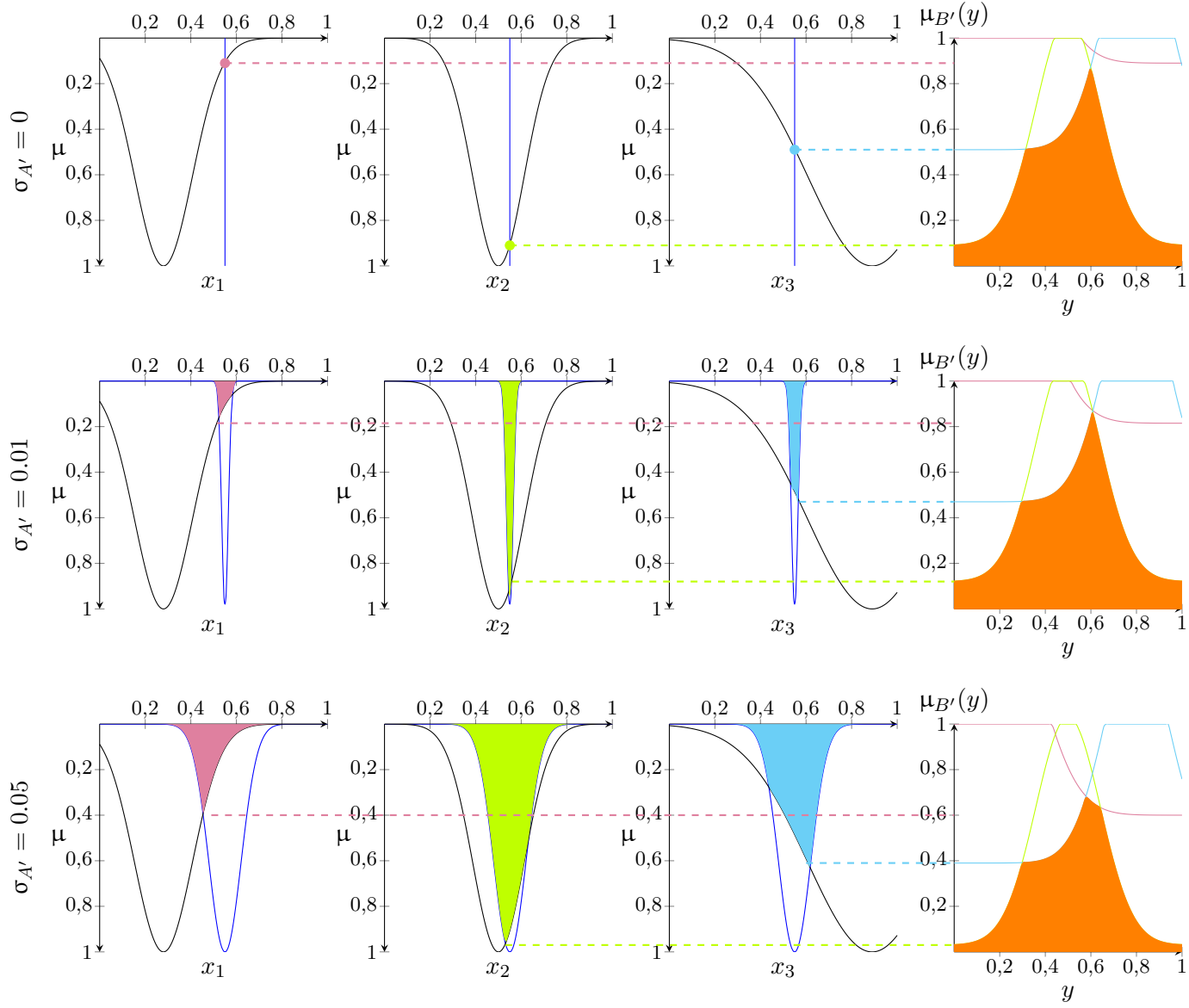


Рисунок 1.4 — Comparison of different functions and their maximum points

1.3 Нечеткое значение истинности

Определение. Нечеткой истинностью множества A относительно нечеткого множества A' называется нечеткое множество $CP(A, A')$ такое, что:

$$\mu_{CP(A, A')}(v) = \sup_{\substack{\mu_A(x)=v \\ x \in X}} \{\mu_{A'}(x)\} \quad (1.1)$$

Приведенные на рисунке 1.3 функции принадлежности термов лингвистической переменной истинности можно задать следующими выражениями:

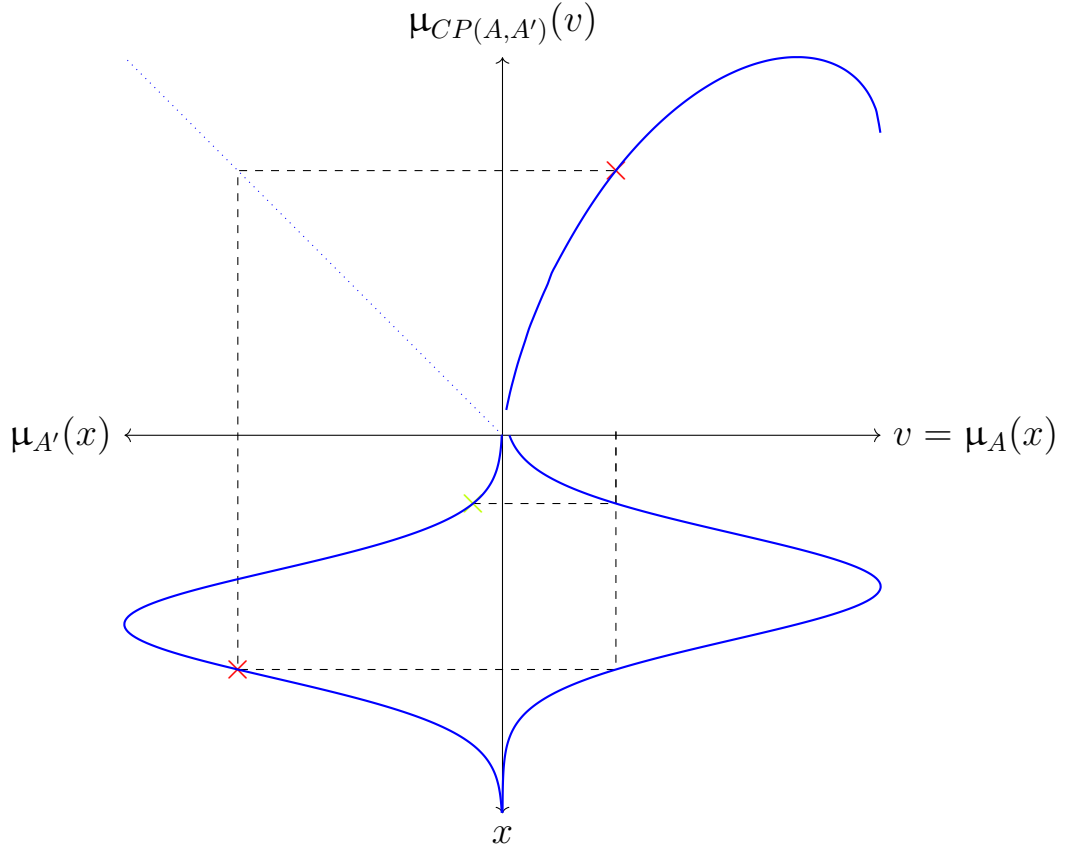


Рисунок 1.5 — Пример вычисления нечеткого значения истинности

$$\begin{aligned}
 M[\text{«истинно»}] &= \int_0^1 v/v; & M[\text{«ложно»}] &= \int_0^1 1 - v/v; \\
 M[\text{«слегка истинно»}] &= \int_0^1 \sqrt{v}/v; & M[\text{«слегка ложно»}] &= \int_0^1 \sqrt{1 - v}/v; \\
 M[\text{«очень истинно»}] &= \int_0^1 v^2/v; & M[\text{«очень ложно»}] &= \int_0^1 \frac{(1 - v)^2}{v}; \\
 M[\text{«абсолютно истинно»}] &= \frac{1}{1} + \int_0^1 \frac{0}{v}; & M[\text{«абсолютно ложно»}] &= \frac{1}{0} + \int_0^1 \frac{0}{v}; \\
 M[\text{«квазиистинно»}] &= \int_0^1 1/v; & M[\text{«квазиложно»}] &= \int_0^1 0/v.
 \end{aligned}$$

Нечеткое значение истинности построено на нескольких аксиомах:

– *Аксиома истинности.* Нечеткое значение истинности ИСТИННО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{ v/v \}, v \in [0; 1],$$

что выполняется тогда и только тогда, когда .

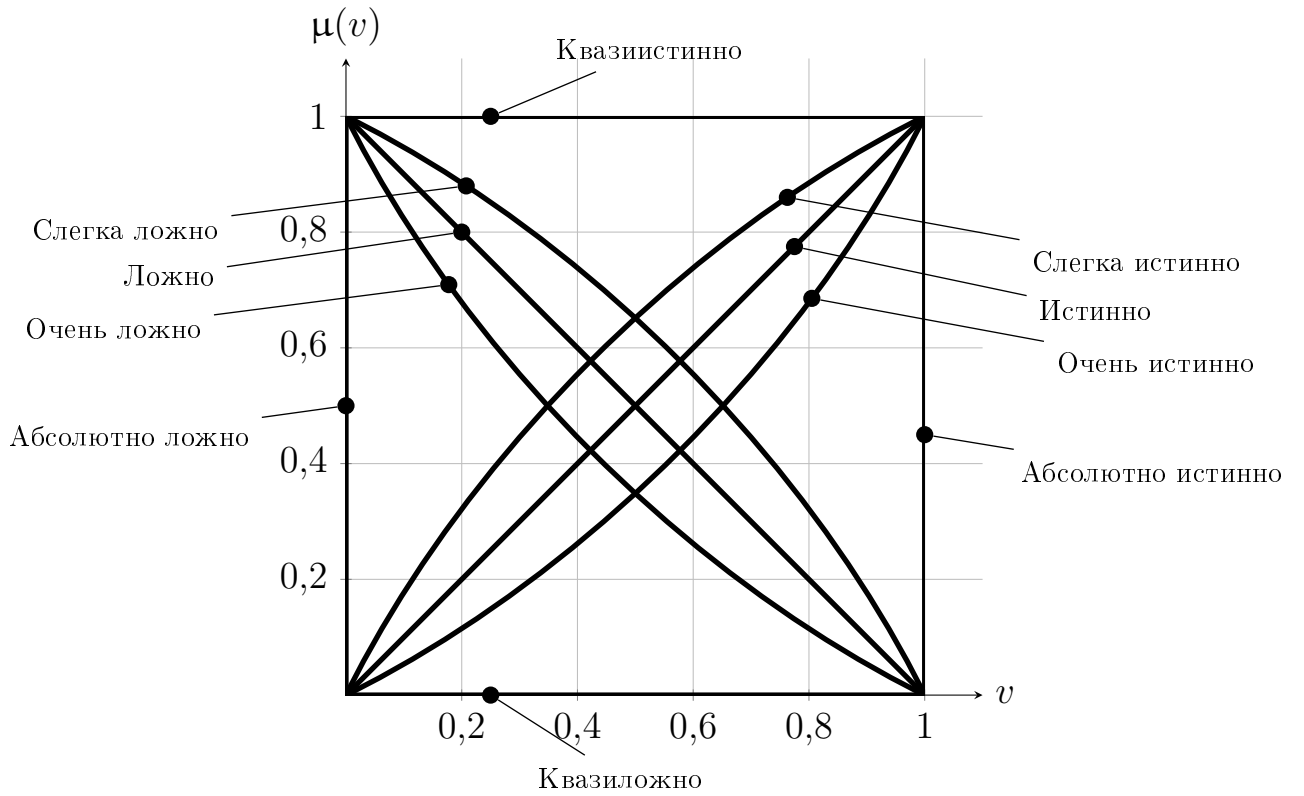


Рисунок 1.6 — Значения лингвистической переменной «истинность»

На рис. представлены графики совпадающих функций принадлежности высказываний и рассчитанной функции принадлежности нечеткого значения истинности.

- *Аксиома ложности.* Нечеткое значение истинности ЛОЖНО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{ 1 - v/v \}, v \in [0; 1],$$

что выполняется тогда и только тогда, когда .

На рис. представлены графики совпадающих функций принадлежности высказываний и рассчитанной функции принадлежности нечеткого значения истинности.

- *Аксиома абсолютной истинности.* Значение истинности АБСОЛЮТНО ИСТИННО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{ 1/1 \}, v \in [0, 1],$$

что выполняется тогда и только тогда. На рис. представлены графики функций принадлежности высказываний и функций принадлежности нечеткого значения истинности, соответствующие данной ситуации.

Для моделирования четкого значения функции принадлежности (синглтона) взята гауссова функция кривая с дисперсией, стремящейся к нулю.

- *Аксиома абсолютной ложности.* Значение истинности АБСОЛЮТНО ЛОЖНО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{1/0\}, v \in [0, 1],$$

что выполняется тогда и только тогда. На рис. представлены графики функций принадлежности высказываний и функций принадлежности нечеткого значения истинности, соответствующие данной ситуации.

Для моделирования четкого значения функции принадлежности (синглтона) взята гауссова функция кривая с дисперсией, стремящейся к нулю.

- *Аксиома квазиистинности.* Нечеткое значение истинности КВАЗИИСТИННО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{1/v\}, v \in [0; 1],$$

что выполняется тогда и только тогда, когда .

На рис. представлены графики совпадающих функций принадлежности высказываний и рассчитанной функции принадлежности нечеткого значения истинности.

- *Аксиома квазиложности.* Нечеткое значение истинности КВАЗИЛОЖНО задается нечетким множеством:

$$CP(A, A') = \{ \langle \mu_{CP(A, A')}(v), v \rangle \} = \{0/v\}, v \in [0; 1],$$

что выполняется тогда и только тогда, когда .

На рис. представлены графики совпадающих функций принадлежности высказываний и рассчитанной функции принадлежности нечеткого значения истинности.

1.3.1 Вычисление нечеткого значения истинности, когда функции принадлежности формализуются гауссовыми функциями

Зададим функции принадлежности нечетких множеств факта и послышки в виде:

$$\mu_A(x; a, b) = e^{-\frac{(x-a)^2}{2*b^2}} \mu_{A'}(x; c, d) = e^{-\frac{(x-c)^2}{2*d^2}}.$$

Тогда, согласно формуле нечеткого значения истинности (1.1), для вычисления нечеткого значения истинности в точке v_0 необходимо сперва найти все точки из области определения функции принадлежности факта, в которых он принимает значение v_0 . В случае с гауссовой функцией это можно сделать, с помощью обратной гауссовой функции:

$$x(v) = a \pm b\sqrt{-2 \ln v},$$

тогда

$$\begin{aligned} \mu_{CP(A,A')}(v) &= \max \left\{ e^{-\frac{((a-b\sqrt{-2 \ln v})-c)^2}{2d^2}}, e^{-\frac{((a+b\sqrt{-2 \ln v})-c)^2}{2d^2}} \right\} \\ &= \max \left\{ e^{-\frac{((a-c)-b\sqrt{-2 \ln v})^2}{2d^2}}, e^{-\frac{((a-c)+b\sqrt{-2 \ln v})^2}{2d^2}} \right\} \end{aligned}$$

1.4 Сравнение нечетких логических систем с нечеткими системами типа Мамдани и Такаги-Сугено

Нечеткая логическая система использует нечеткую логическую импликацию для связывания антецедента и консеквента в нечетком правиле, а также связку И для агрегации правил.

Нечеткая система типа Мамдани использует t-норму для связывания антецедента и консеквента в нечетком правиле, а также связку ИЛИ для агрегации правил.

Как заключено в [<https://ssrn.com/abstract=2900827>]

1.5 Выводы

Глава 2. Метод нечеткого вывода на основе нечеткого значения истинности

2.1 Постановка задачи нечеткого вывода

Лингвистическая модель представляет собой базу правил вида:

$$R_k : \text{Если } x_1 \text{ есть } A_{k1} \text{ и } x_2 \text{ есть } A_{k2} \text{ и } \dots \text{ и } x_n \text{ есть } A_{kn}, \text{ то } y \text{ есть } B_k, \quad (2.1)$$

где N — количество нечетких правил, $A_{ki} \subseteq X_i, i = \overline{1, n}, B_k \subseteq Y$ — нечеткие множества, которые характеризуются функциями принадлежности $\mu_{A_{ki}}(x_i)$ и $\mu_{B_k}(y)$ соответственно; x_1, x_2, \dots, x_n — входные переменные лингвистической модели, причем

$$[x_1, x_2, \dots, x_n]^T = \mathbf{x} \in X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n.$$

Символами $X_i, i = \overline{1, n}$ и Y обозначаются соответственно пространства входных и выходной переменных. Если ввести обозначения $\mathbf{X} = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ и $\mathbf{A}_k = A_{k1} \times A_{k2} \times \dots \times A_{kn}$, причем

$$\mu_{\mathbf{A}_k}(\mathbf{x}) = T_1 \mu_{A_{ki}}(x_i),$$

$i = \overline{1, n}$

где T_1 — произвольная t -норма, то правило ?? представляется в виде нечеткой импликации

$$R_k : \mathbf{A}_k \rightarrow B_k, k = \overline{1, N}. \quad (2.2)$$

Правило R_k можно формализовать как нечеткое отношение, определенное на множестве $\mathbf{X} \times Y$, т.е. $R_k \subseteq \mathbf{X} \times Y$ — нечеткое множество с функцией принадлежности

$$\mu_{R_k}(\mathbf{x}, y) = \mu_{\mathbf{A}_k \rightarrow B_k}(\mathbf{x}, y).$$

Модель логического типа определяет задание функции $\mu_{\mathbf{A}_k \rightarrow B_k}(\mathbf{x}, y)$ на основе известных функций принадлежности $\mu_{\mathbf{A}_k}(\mathbf{x})$ и $\mu_{B_k}(y)$ с помощью одной из предложенных в [2] функций импликации:

$$\mu_{\mathbf{A}_k \rightarrow B_k}(\mathbf{x}, y) = I(\mu_{\mathbf{A}_k}(\mathbf{x}), \mu_{B_k}(y)),$$

где I — некоторая импликация.

Ставится задача определить нечеткий вывод $B'_k \subseteq Y$ для системы, представленной в виде (??), если на входах - нечеткие множества. $\mathbf{A}' = A'_1 \times A'_2 \times \dots \times A'_n \subseteq \mathbf{X}$ или x_1 есть A'_1 и x_2 есть A'_2 и ... и x_n есть A'_n с соответствующей функцией принадлежности $\mu_{\mathbf{A}'}(\mathbf{x})$, которая определяется как

$$\mu_{\mathbf{A}'}(\mathbf{x}) = \bigwedge_{i=\overline{1,n}} \mu_{A'_i}(x_i). \quad (2.3)$$

Несингтонный фаззификатор отображает измеренное $x_i = x'_i, i = \overline{1,n}$ в нечеткое число, для которого $\mu_{A'_i}(x'_i) = 1$ и $\mu_{A'_i}(x_i)$ уменьшается от единицы по мере удаления от x'_i . В соответствии с обобщенным нечетким правилом modus ponens [2], нечеткое множество B'_k определяется композицией нечеткого множества \mathbf{A}' и отношения \mathbf{R}_k , т.е.

$$B'_k = \mathbf{A}' \circ (\mathbf{A}_k \rightarrow B_k),$$

или, на уровне функций принадлежности

$$\mu_{B'_k}(y|\mathbf{x}') = \sup_{\mathbf{x} \in \mathbf{X}} \left\{ \mu_{\mathbf{A}'}(\mathbf{x}') \star^{T_2} I(\mu_{\mathbf{A}_k}(\mathbf{x}), \mu_{B_k}(y)) \right\}. \quad (2.4)$$

В (2.4) применена условная нотация, так как ввод в нечеткую систему происходит при определенном значении \mathbf{x} , а именно \mathbf{x}' . Обозначение $\mu_{B'_k}(y|\mathbf{x}')$ показывает, что $\mu_{B'_k}$ изменяется с каждым значением \mathbf{x}' . Вычислительная сложность выражения (2.4) составляет $O(|X_1| \cdot |X_2| \cdot \dots \cdot |X_n| \cdot |Y|)$ т.е. экспоненциальная.

2.2 Вывод на основе нечеткого значения истинности

Используя правило истинностной модификации [1] можно выразить:

$$\mu_{A'}(\mathbf{x}) = \tau_{A|A'}(\mu_A(x))$$

где $\tau_{A|A'}$ — нечеткое значение истинности (НЗИ) нечеткого множества A относительно A' , представляющее собой функцию принадлежности совместимости $CP(A_k, A')$ A_k по отношению к A' , причем A' рассматривается как достоверное [Дюбуа и др., 1990]:

$$\tau_{A_k|A'}(v) = \mu_{CP(A_k, A')}(v) = \sup_{\substack{\mu_{A_k}(x)=v \\ x \in X}} \{ \mu_{A'}(x) \}.$$

Таким образом НЗИ отражает совместимость факта с посылкой в нечеткой форме. Упрощенные подходы отображают совместимость в одно значение из диапазона впервые представленное в [5].

Перейдем от переменной x к переменной v в выражении нечеткого вывода (??), обозначив

$$\mu_{A_k}(x) = v \text{ и } \mu_{A'}(x) = \tau_{A_k|A'}(v),$$

то есть выполним преобразование нечетких множеств на пространстве X в истинностное пространство $[0, 1]$:

?????

Получим:

$$\mu_{A'}(x) = \tau_{A_k|A'}(\mu_{A_k}(x)) = \tau_{A_k|A'}(v) \quad (2.5)$$

Тогда (2.4) примет вид:

$$\mu_{B'_k}(y|\mathbf{x}') = \sup_{v \in [0,1]} \left\{ \tau_{A_k|A'}(v) \overset{T_2}{\star} I(v, \mu_{B_k}(y)) \right\}. \quad (2.6)$$

При переходе к нечеткому выводу по n входам формула вычисления НЗИ для нечетких отношений посылки и факта имеет вид:

$$\tau_{\mathbf{A}_k|\mathbf{A}'}(v) = \sup_{\substack{\mu_{\mathbf{A}_k}(x_1, \dots, x_n) = v \\ (x_1, \dots, x_n) \in \mathbf{x}}} \{ \mu_{\mathbf{A}'}(x_1, \dots, x_n) \}.$$

Или в выражении через операции сверток t -норм T_1 (2.2) и T_3 (2.3):

$$\tau_{\mathbf{A}_k|\mathbf{A}'}(v) = \sup_{\substack{\overset{T_1}{\mu_{A_{ki}}}(x_i) = v \\ i=\overline{1,n} \\ (x_1, \dots, x_n) \in \mathbf{x}}} \left\{ \overset{T_3}{\mu_{A'_i}}(x_i) \right\}. \quad (2.7)$$

Вместо выражения (2.7), НЗИ для n входов может быть вычислено как свертка НЗИ по каждому отдельному входу:

$$\tau_{\mathbf{A}_k|\mathbf{A}'}(v) = \overset{\tilde{T}}{\underset{i=\overline{1,n}}{T}} \tau_{A_{ki}|A'_i}, v \in [0, 1], \quad (2.8)$$

где \tilde{T} - расширенная по принципу обобщения n -местная t -норма [kutsenko2015methods], которая определяется как

$$\overset{\tilde{T}}{\underset{i=\overline{1,n}}{T}} \tau_{A_{ki}|A'_i}(v) = \sup_{\substack{\overset{T_1}{v_i} = v \\ i=\overline{1,n} \\ (v_1, \dots, v_n) \in [0,1]^n}} \left\{ \overset{T_3}{\tau_{A_{ki}|A'_i}}(v_i) \right\} \quad (2.9)$$

в результате перехода

$$\mu_{A_{ki}}(x_i) = v_i \text{ и } \mu_{A'_i}(x_i) = \tau_{A_{ki}|A'_i}(v_i).$$

Тогда для системы с n входами выражения нечеткого вывода на основе НЗИ (2.6) примет вид:

$$\mu_{B'_k}(y|\mathbf{x}') = \sup_{v \in [0,1]} \left\{ \tau_{\mathbf{A}_k|\mathbf{A}'}(v) \overset{T_2}{\star} I(v, \mu_{B_k}(y)) \right\} \quad (2.10)$$

Стоит отметить, что выражение (2.8) можно записать следующим образом, подчеркнув возможность попарного рекурсивного нахождения свертки НЗИ:

$$\begin{aligned} \tau_{A_k, A'}(v) &= \tilde{T}_1 \tau_{A_{ki}|A'_i}(v_i) \\ &= \left(\dots \left(\left(\mu_{CP(A_{k1}, A'_1)}(v_1) \tilde{T}_1 \mu_{CP(A_{k2}, A'_2)}(v_2) \right) \tilde{T}_1 \dots \right) \tilde{T}_1 \mu_{CP(A_{kn}, A'_n)} \right). \end{aligned}$$

Для $n = 2$, \tilde{T} записывается как:

$$\tilde{T} \tau_{A_{ki}|A'_i}(v) = \sup_{\substack{v_1 T_1 v_2 = v \\ v_1, v_2 \in [0,1]}} \left\{ \tau_{A_{k1}|A'_1}(v_1) T_3 \tau_{A_{k2}|A'_2}(v_2) \right\}, v \in [0,1].$$

При вербализации импликации в (2.10) она представится в виде:

$$\text{Если } nзи \text{ есть ИСТИННО, то } y \text{ есть } B'_k \quad (2.11)$$

Таким образом, (2.11) представляет собой еще одну структуру правил в отличие от канонических структур Заде [10] и Такаги-Сугено [9]. Применение данного правила не зависит от количества входов в нечетких системах.

В формуле (2.10) данный подход позволяет переместить процесс вывода в единое пространство НЗИ, где функции истинности, в отличии от различных пространств в подходе Заде, могут быть объединены в более эффективный вычислительный процесс.

Порядок функции временной сложности вычисления B'_k на основе выражения (2.10) составляет $O(n|V|^2 + |V| \cdot |Y|)$, где $V = CP(A_k, A')$. Сравнение схем нечетких выводов с соответствии с соотношениями (2.4) и (2.10) представлены на рис. 2.2.

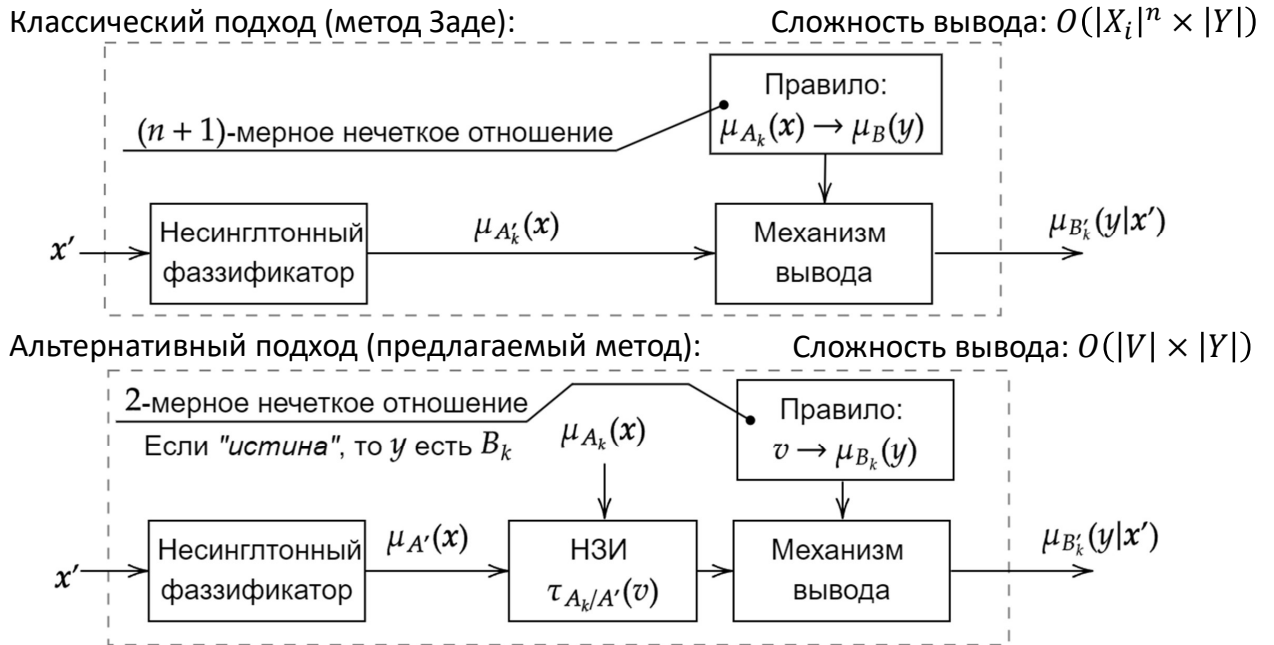


Рисунок 2.1 — Сравнение классической схемы нечеткого вывода и схемы нечеткого вывода на основе НЗИ

2.3 Вывод для систем логического типа

2.4 Анализ эффективности методов нечеткого вывода

2.5 Сравнительный анализ логического подхода к нечеткому выводу с подходом Мамдани

Для формирования условий в которых тот или иной подход к нечеткому выводу показывает свои сильные стороны имеет смысл провести сравнение.

2.6 Сравнение нечеткого вывода с использованием различных методов дефаззификации

В статье [LEEKWIJCK1999159] описывается подход к сравнению методов дефаззификации.

Описанный метод реализации [eisele1994].

2.6.1 Дефаззификация по методу центра тяжести

Данный метод можно сопоставить со схемой вычисления математического ожидания случайной величины при данном ее распределении.

$$y_{COG}^* = \frac{\int_Y y \mu_{B'}(y) dy}{\int_Y \mu_{B'}(y) dy}$$

2.6.2 Дефаззификация по методу центра области

Данный метод можно сопоставить со схемой вычисления медианы случайной величины при заданном ее распределении. Формула вычисления дефаззифицированного значения y_{COA}^* имеет вид:

$$\int_{\inf Y}^{y_{COA}^*} \mu_{B'}(y) dy = \int_{y_{COA}^*}^{\sup Y} \mu_{B'}(y) dy$$

2.6.3 Дефаззификация по методу среднего центра

$$y_{CA}^* = \frac{\sum_{k=1}^N \bar{y}_k \mu_{B'_k}(\bar{y}_k)}{\sum_{k=1}^N \mu_{B'_k}(\bar{y}_k)}$$

2.6.4 Дефаззификация по методу суммы центров

[rutkovskiy2010]

$$y_{COS}^* = \frac{\int_Y y \sum_{k=1}^N \mu_{B'_k}(y) dy}{\int_Y \sum_{k=1}^N \mu_{B'_k}(y) dy}$$

2.6.5 Дефаззификация по методу среднего максимума

$$y_{MeOM}^* = \frac{\sum_{x \in core(B')} x}{|core(B')|},$$

где $core(B') = \{y | y \in Y \text{ and } \mu_{B'}(y) = \sup_{y' \in Y} \mu_{B'}(y')\}$.

Данный метод аналогичен по схеме вычисления моде случайной величины при заданном ее распределении. В случае унимодального вида функции принадлежности $\mu_{B'}(y)$ данный способ дефаззификации можно упростить до метода максимума функции принадлежности:

$$y^* = \arg \max_{y \in Y} \mu_{B'}(y).$$

2.7 Нечеткий вывод при выходной лингвистической переменной с низкой степенью пересечения с функциями принадлежности термов

Одна из возможностей упрощения процедуры вывода состоит в том, что функции принадлежности термов выходной лингвистической переменной достаточно удалены друг от друга и имеют низкую степень взаимного пересечения, то есть выполняется соотношение $\mu_{B_k}(y_r) \approx 0$ при $k \neq r$, что проиллюстрировано на рисунке 2.7.

Приведенные выкладки справедливы не только для функций принадлежности отдельных термов, а и для набора кластеризованных в небольшие группы функций принадлежности со значительной степенью пересечения. При такой конфигурации выходного нечеткого пространства нет необходимости включать в процесс вывода правила, в которых функции принадлежности консеквента имеют низкий уровень пересечения с ф. п. правил, имеющих высокий уровень срабатывания для данного входа нечеткой системы.

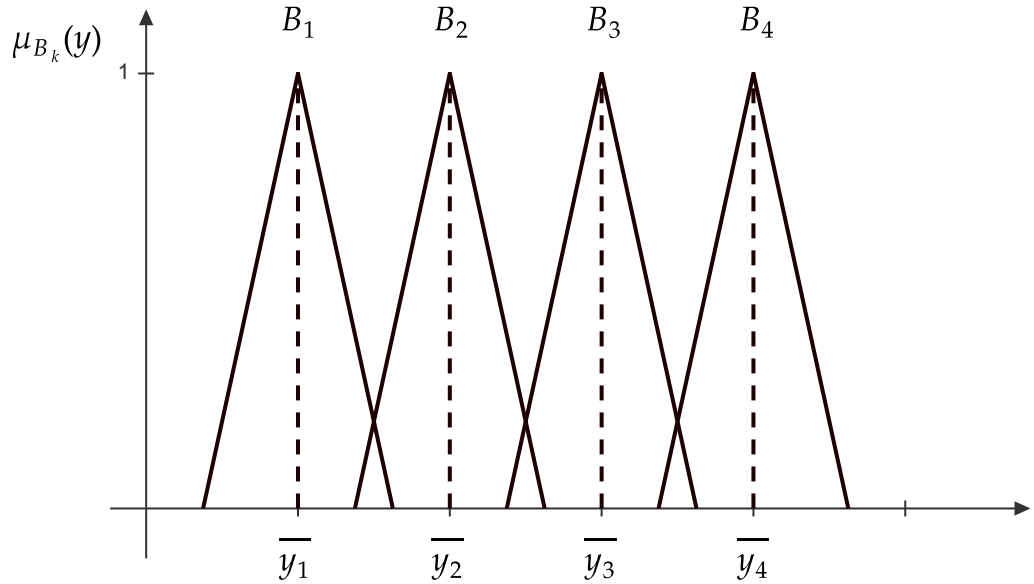


Рисунок 2.2 — Пример нечетких множеств, удовлетворяющих условию $\mu_{B_k}(y_r) = 0$ для $y \neq r$

2.8 Прогнозирование временных рядов на основе нечетких систем логического типа с использованием нечеткого значения истинности

Для временного ряда $\mathbf{y}_t = (y_1, \dots, y_T)$ величина y_t представляет измеренное значение наблюдаемой переменной в момент времени t . Ставится задача предсказания значений \hat{y}_{t+h} для заданного горизонта предсказания h .

Модель временного ряда $f(\cdot)$ порядка p использует последние p значений до момента t для оценки значения:

$$\hat{y}_{t+h} = f(y_{t-p}, \dots, y_t),$$

где p - размер лагового окна.

В случае с нечетким прогнозированием временных рядов выполняется фузификация измеренных значений (y_1, \dots, y_T) . Для вычисления параметров функций принадлежности могут использоваться статистические показатели временного ряда, например, дисперсия. В [] для построения функций принадлежности используются значение скользящего окна дисперсии. При таком подходе

Входы нечеткой системы по каждому измерению могут описываться идентичными лингвистическими переменными, заданными на одном базовом

множестве и имеющими одинаковую порождающую процедуру для термножеств. В [1] описаны различные варианты выбора этой порождающей процедуры. Типовые из них:

- Кластеризация

При заданных параметрах лингвистических переменных база правил также может быть построена с использованием различных подходов.

В [1] описан подход для одновременного построения базы правил и выделения термов лингвистических переменных на основе многомерной кластеризации с использованием функции схожести класеров

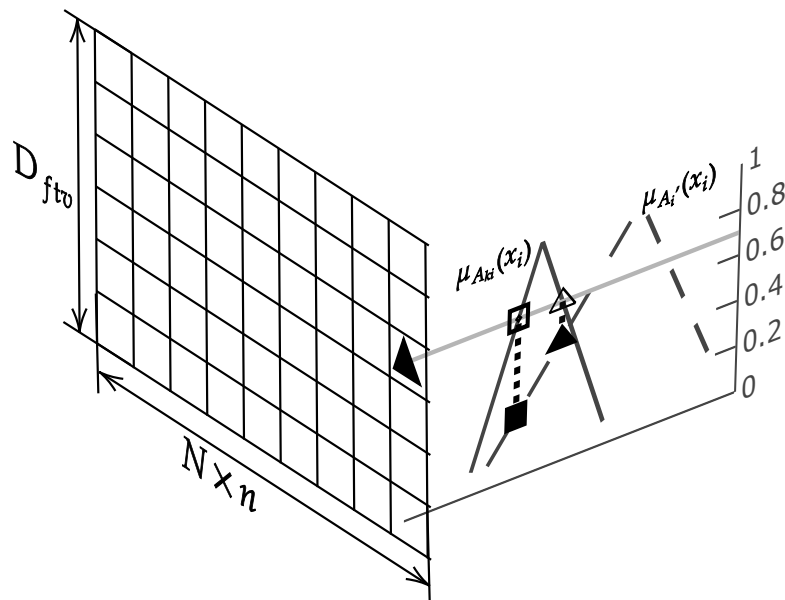
Глава 3. Программная реализация разработанного метода нечеткого вывода с применением технологии CUDA

Для удобства реализация выполнялась не посредством прямого использованием API библиотеки CUDA, а с помощью шаблонной библиотеки реализации высокопроизводительных вычислений - **Kokkos** ??, предназначенной для портативного и эффективного параллельного программирования на различных аппаратных архитектурах, включая многоядерные процессоры, графические процессоры NVIDIA/AMD и другие ускорители. Интерфейс библиотеки позволяет абстрагироваться от деталей низкоуровневого параллелизма, позволяя разработчикам писать код на C++ с одним исходным кодом, который может быть оптимизирован для различных платформ без существенных изменений. Ключевые функциональные возможности библиотеки упростившие выполнение программного реализации разработанного ранее метода:

- Модели параллельного выполнения: абстрагирование параллельных циклов (например, "parallel_for" "parallel_reduce") и рабочих процессов на основе задач.
- Управление памятью: Автоматизированная обработка пространств памяти (например, между хостом и устройством) и расположением данных для оптимизации схем доступа и минимизации объема передаваемых данных.
- Поддержка серверной части: интеграция с такими моделями программирования, как CUDA, HIP, OpenMP и SYCL, для обеспечения кроссплатформенной совместимости.
- Переносимость производительности: Обеспечивает эффективное использование ресурсов (потoki, векторизация) с учетом особенностей каждой архитектуры.

Kokkos широко используется в научных вычислениях и HPC-приложениях, упрощая разработку масштабируемых кодов при сохранении производительности на постоянно развивающемся оборудовании.

3.1 Вычисление нечеткого значения истинности с помощью дискретизации функций принадлежности

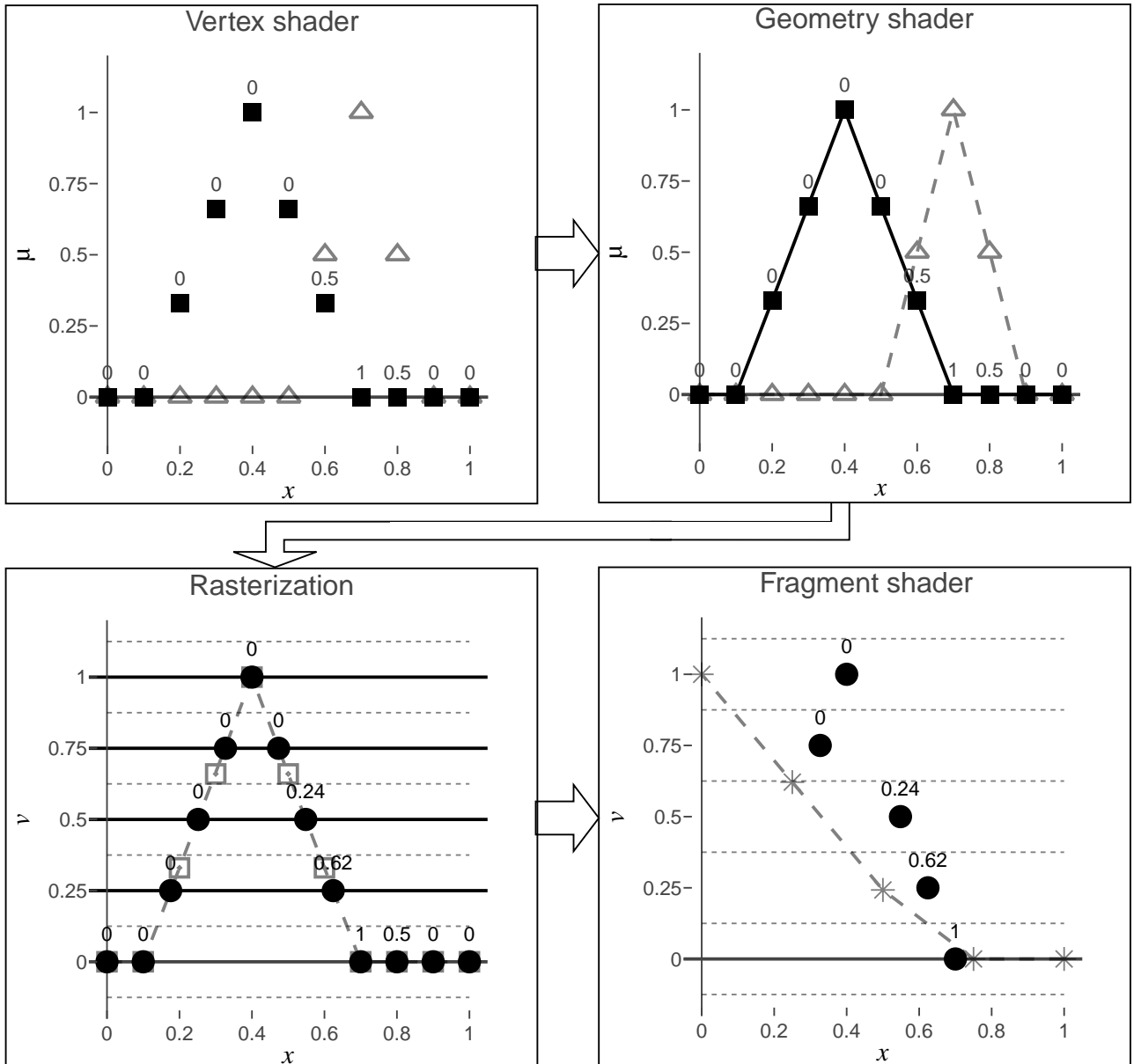


3.2 Алгоритм свертки НЗИ при $T_1 = \min$ и T_3 - неубывающая по всем аргументам

При

3.3 Реализация дефаззификации

Нахождение начального приближения



3.4 Использование библиотеки ArborX

В [prokopenko2024revisingapetreisboundingvolume] авторами библиотеки **ArborX** предложен алгоритм для эффективного построения *иерархии ограничивающих объемов*. Данная структура данных используется для эффективного поиска ближайшей точки в n -мерном пространстве. Алгоритм выполняет построение структуры поиска за $O(N \times \log(N))$, где N - количество точек в исходном наборе. Логика поиска места в иерархии ограничивающих объемов для каждой отдельной точки помещена в отдельную нить параллельных вычислений, после чего остается только логарифмическая компонента

Algorithm 1 Алгоритм свертки НЗИ при $T_1 = \min$ и $T_3(a, b) \geq T_3(c, d)$ если $a > c$ или $b > d$

Require: $ftv_i, i = \overline{1, n}$

$max_ftv[i] = 0;$

for $v = 1 \dots 0$ **do**

$s \leftarrow \{ftv_i[v] \mid ftv_i[v] \geq max_ftv[i]\};$

$max_ftv[i] \leftarrow \max(max_ftv[i], ftv_i[v]);$

$v_max \leftarrow \max_i \{ftv_i[v]\}, v_max_index \leftarrow \arg \max_i \{ftv_i[v]\};$

if $s = \emptyset$ & $i = v_max_index$ **then**

$r[i] \leftarrow v_max;$

else

$r[i] \leftarrow max_ftv[i];$

end if

$ftv[v] \leftarrow T_3 \{r[i]\};$

end for

return ftv

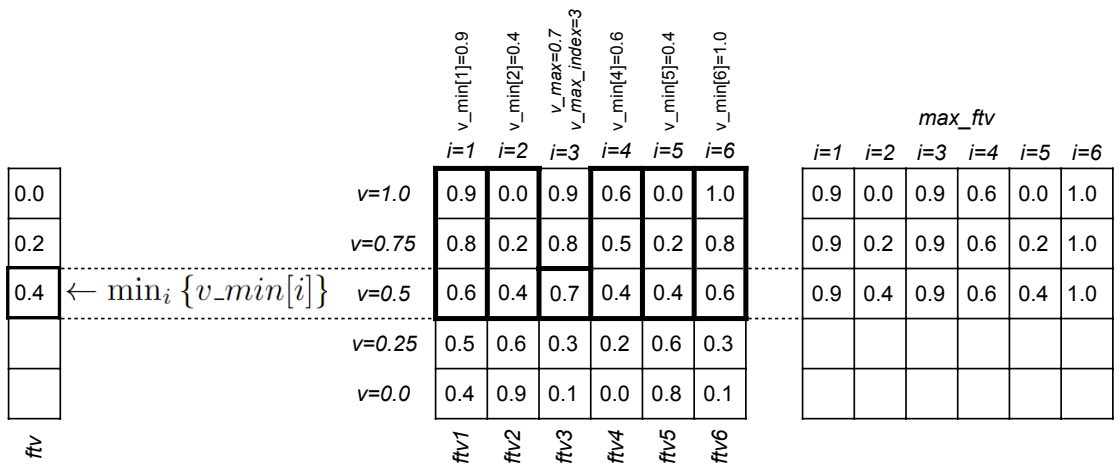


Рисунок 3.1 — Иллюстрация работы алгоритма свертки НЗИ для нескольких входов для расширенной \tilde{T} -нормы при $T_1 = \min$ и $T_3 = \min$.

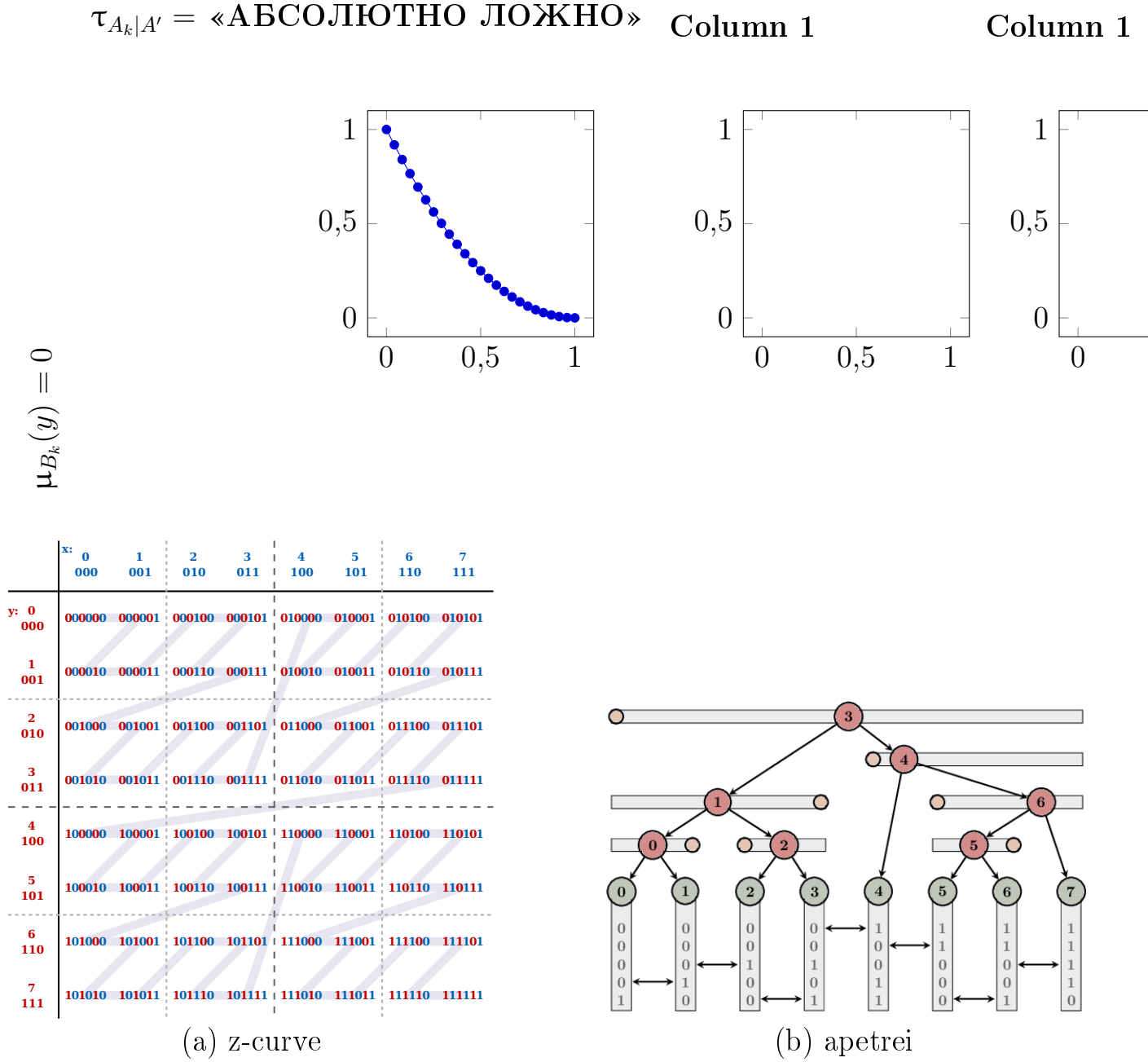


Рисунок 3.2 — Две иллюстрации: графика z-curve и apetrei.

сложности, соответствующая восходящему обходу промежуточного дерева и помещения точки в подобранный узел **с использованием атомарной операции**. В основе алгоритма лежит группировка близко расположенных точек для более быстрого подбора соответствующего ограничивающего объема за счет проецирования точки из n -мерного пространства на Z -кривую посредством вычисления кода Мортона для каждой точки. Согласно эвристике, лежащие рядом на Z -кривой точки располагаются достаточно близко и исходном n -мерном пространстве. Кроме того в статье описан модифицированный алгоритм Апетрея [], обеспечивающий обход иерархии на этапе поиска ближайших точек без необ-

ходимости помещения цепочки пройденных родительских узлов в стек за счет передачи информации об альтернативных узлах-кандидатах из родительских узлов в дочерние. Такой подход значительно снижает количество потребляемой памяти для сохранения промежуточной информации при выполнении этапа поиска.

3.5 Алгоритм построения базы правил

Глава 4. Системы нечеткого вывода на основе несингтонной фаззификации

Обзор, введение в тему, обозначение места данной работы в мировых исследованиях и т. п., можно использовать ссылки на другие работы [**Gosele1999161**, **Lermontov**] (если их нет, то в автореферате автоматически пропадёт раздел «Список литературы»). Внимание! Ссылки на другие работы в разделе общей характеристики работы можно использовать только при использовании **biblatex** (из-за технических ограничений **bibtex8**. Это связано с тем, что одна и та же характеристика используются и в тексте диссертации, и в автореферате. В последнем, согласно ГОСТ, должен присутствовать список работ автора по теме диссертации, а **bibtex8** не умеет выводить в одном файле два списка литературы). При использовании **biblatex** возможно использование исключительно в автореферате подстрочных ссылок для других работ командой `\autocite [Marketing]`, а также цитирование собственных работ командой `\cite`. Для этого в файле `common/setup.tex` необходимо присвоить положительное значение счётчику `\setcounter{usefootcite}{1}`.

Для генерации содержимого титульного листа автореферата, диссертации и презентации используются данные из файла `common/data.tex`. Если, например, вы меняете название диссертации, то оно автоматически появится в итоговых файлах после очередного запуска **Л^AT_EX**. Согласно ГОСТ 7.0.11-2011 «5.1.1 Титульный лист является первой страницей диссертации, служит источником информации, необходимой для обработки и поиска документа». Наличие логотипа организации на титульном листе упрощает обработку и поиск, для этого разметите логотип вашей организации в папке `images` в формате PDF (лучше найти его в векторном варианте, чтобы он хорошо смотрелся при печати) под именем `logo.pdf`. Настроить размер изображения с логотипом можно в соответствующих местах файлов `title.tex` отдельно для диссертации и автореферата. Если вам логотип не нужен, то просто удалите файл с логотипом.

4.1 Форматирование текста

Мы можем сделать **жирный текст** и *курсив*.

4.2 Ссылки

Сошлёмся на библиографию. Одна ссылка: [Sokolov][Gaidaenko].
 Две ссылки: [Sokolov, Gaidaenko]. Ссылка на собственные работы: [vakbib1, confbib2]. Много ссылок: [Lermontov, Management, Borozda, Marketing, Constitution, FamilyCode, Gost.7.0.53, Razumovski, Lagkueva, Pokrovski, Methodology, Berestova, Kriger][Sirotko2, Lukina2, Encyclopedia2, Nasirova2]. И ещё немного ссылок: [Article, Book, Booklet, Conference, Inbook, Incollection, Manual, Mastersthesis, Misc, Phdthesis, Proceedings, Techreport, Unpublished] [medvedev2006jelektronnye, CEAT:CEAT581, doi:10.1080/01932691.2010.513279, Gosele1999161, Li2007StressAnalysis, Shoji199895, test:eisner-sample, test:eisner-sample-sho AB_patent_Pomerantz_1968, iofis_patent1960][patent2h, patent3h, patent2].

Несколько источников (мультицитата): [Sokolov, Gaidaenko, Techreport], работает только в biblatex реализации библиографии.

Ссылки на собственные работы: [vakbib1, confbib1].

Сошлёмся на приложения: Приложение А, Приложение Б.2.

Сошлёмся на формулу: формула (4.2).

Сошлёмся на изображение: рисунок 5.2.

Стандартной практикой является добавление к ссылкам префикса, характеризующего тип элемента. Это не является строгим требованием, но позволяет лучше ориентироваться в документах большого размера. Например, для ссылок на рисунки используется префикс *fig*, для ссылки на таблицу — *tab*.

В таблице 18 приложения Б.5 приведён список рекомендуемых к использованию стандартных префиксов.

В некоторых ситуациях возникает необходимость отойти от требований ГОСТ по оформлению ссылок на литературу. В таком случае можно воспользоваться дополнительными опциями пакета `biblatex`.

Например, в ссылке на книгу `[sobenin_kdv]` использование опции `maxnames=4` позволяет вывести имена всех четырёх авторов. По ГОСТ имена последних трёх авторов опускаются.

Кроме того, часто возникают проблемы с транслитерованными инициалами. Некоторые буквы русского алфавита по правилам транслитерации записываются двумя буквами латинского алфавита (ю-уц, ё-уо и т.д.). Такие инициалы `biblatex` будет сокращать до одной буквы, что неверно. Поправить его работу можно использовав опцию `giveninits=false`. Пример использования этой опции можно видеть в ссылке `[initials]`.

4.3 Формулы

Благодаря пакету *isotta*, ЛАТ_ЭX одинаково хорошо воспринимает в качестве десятичного разделителя и запятую (3,1415), и точку (3.1415).

4.3.1 Ненумерованные одиночные формулы

Вот так может выглядеть формула, которую необходимо вставить в строку по тексту: $x \approx \sin x$ при $x \rightarrow 0$.

А вот так выглядит ненумерованная отдельностоящая формула с подстрочными и надстрочными индексами:

$$(x_1 + x_2)^2 = x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2$$

Формула с неопределённым интегралом:

$$\int f(\alpha + x) = \sum \beta$$

При использовании дробей формулы могут получаться очень высокие:

$$\frac{1}{\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2} + \frac{1}{\sqrt{2} + \dots}}}$$

В формулах можно использовать греческие буквы:

$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta\eta\theta\iota\kappa\lambda\mu\nu\xi\pi\omega\rho\sigma\tau\upsilon\phi\chi\psi\omega\Gamma\Delta\Theta\Lambda\Xi\P\Sigma\Upsilon\Phi\Psi\Omega$

$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\epsilon\zeta\eta\theta\theta\iota\kappa\kappa\lambda\mu\nu\xi\pi\omega\rho\rho\sigma\varsigma\tau\upsilon\phi\phi\chi\psi\omega\Gamma\Delta\Theta\Lambda\Xi\P\Sigma\Upsilon\Phi\Psi\Omega$

Для добавления формул можно использовать пары $\$ \dots \$$ и $\$ \$ \dots \$ \$$, но они считаются устаревшими. Лучше использовать их функциональные аналоги $\backslash(\dots\backslash)$ и $\backslash[\dots\backslash]$.

4.3.2 Ненумерованные многострочные формулы

Вот так можно написать две формулы, не нумеруя их, чтобы знаки «равно» были строго друг под другом:

$$\begin{aligned} f_W &= \min \left(1, \max \left(0, \frac{W_{soil}/W_{max}}{W_{crit}} \right) \right), \\ f_T &= \min \left(1, \max \left(0, \frac{T_s/T_{melt}}{T_{crit}} \right) \right), \end{aligned}$$

Выровнять систему ещё и по переменной x можно, используя окружение `alignedat` из пакета `amsmath`. Вот так:

$$|x| = \begin{cases} x, & \text{если } x \geq 0 \\ -x, & \text{если } x < 0 \end{cases}$$

Здесь первый амперсанд (в исходном \LaTeX описании формулы) означает выравнивание по левому краю, второй — по x , а третий — по слову «если». Команда `\quad` делает большой горизонтальный пробел.

Ещё вариант:

$$|x| = \begin{cases} x, & \text{если } x \geq 0 \\ -x, & \text{если } x < 0 \end{cases}$$

Кроме того, для нумерованных формул `alignedat` делает вертикальное выравнивание номера формулы по центру формулы. Например, выравнивание компонент вектора:

$$\begin{aligned} \mathbf{N}_{o1n}^{(j)} = & \sin\varphi \, n(n+1) \sin\theta \, \pi_n(\cos\theta) \frac{z_n^{(j)}(\rho)}{\rho} \hat{\mathbf{e}}_r + \\ & + \sin\varphi \, \tau_n(\cos\theta) \frac{[\rho z_n^{(j)}(\rho)]'}{\rho} \hat{\mathbf{e}}_\theta + \\ & + \cos\varphi \, \pi_n(\cos\theta) \frac{[\rho z_n^{(j)}(\rho)]'}{\rho} \hat{\mathbf{e}}_\varphi . \end{aligned} \quad (4.1)$$

Ещё об отступах. Иногда для лучшей «читаемости» формул полезно немного исправить стандартные интервалы `LATEX` с учётом логической структуры самой формулы. Например в формуле (4.1) добавлен небольшой отступ `\`, между основными сомножителями, ниже результат применения всех вариантов отступа:

$$\begin{aligned} \backslash! \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \text{по-умолчанию} \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash, \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash: \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash; \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash\text{space} \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash\text{quad} \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \\ \backslash\text{qqquad} \quad & f(x) = x^2 + 3x + 2 \end{aligned}$$

Можно использовать разные математические алфавиты:

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Посмотрим на систему уравнений на примере аттрактора Лоренца:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(r - z) - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

А для вёрстки матриц удобно использовать многоточия:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

4.3.3 Нумерованные формулы

А вот так пишется нумерованная формула:

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \quad (4.2)$$

Нумерованных формул может быть несколько:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6} \quad (4.3)$$

Впоследствии на формулы (4.2) и (4.3) можно ссылаться.

Сделать так, чтобы номер формулы стоял напротив средней строки, можно, используя окружение `multlined` (пакет `mathtools`) вместо `multline` внутри окружения `equation`. Вот так:

$$\begin{aligned} &1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + \dots + \\ &+ 50 + 51 + 52 + 53 + 54 + 55 + 56 + 57 + \dots + \\ &+ 96 + 97 + 98 + 99 + 100 = 5050 \end{aligned} \quad (4.4)$$

Уравнения (4.5) и (4.6) демонстрируют возможности окружения `subequations` (пакет `amsmath`).

$$y = x^2 + 1 \quad (4.5a)$$

$$y = 2x^2 - x + 1 \quad (4.5b)$$

Ссылки на отдельные уравнения (4.5a), (4.5b) и (4.6a).

$$y = x^3 + x^2 + x + 1 \quad (4.6a)$$

$$y = x^2 \quad (4.6b)$$

Таблица 1 — Основные величины СИ

Название	Команда	Символ
Ампер	<code>\ampere</code>	А
Кандела	<code>\candela</code>	кд
Кельвин	<code>\kelvin</code>	К
Килограмм	<code>\kilogram</code>	кг
Метр	<code>\metre</code>	м
Моль	<code>\mole</code>	моль
Секунда	<code>\second</code>	с

4.3.4 Форматирование чисел и размерностей величин

Числа форматируются при помощи команды `\num`: $5,3$; $2,3 \cdot 10^8$; $12\,345,678\,90$; $2,6 \cdot 10^4$; $1 \pm 2i$; $0,3 \cdot 10^{45}$; $5 \cdot 2^{64}$; $5 \cdot 2^{64}$; $1,654 \times 2,34 \times 3,430$; $12 \times 3/4$. Для написания последовательности чисел можно использовать команды `\numlist` и `\numrange`: $10; 30; 50; 70$; $10-30$. Значения углов можно форматировать при помощи команды `\ang`: $2,67^\circ$; $30,3^\circ$; -1° ; $-2'$; $-3''$; $300^\circ 10' 1''$.

Обратите внимание, что ГОСТ запрещает использование знака «-» для обозначения отрицательных чисел за исключением формул, таблиц и рисунков. Вместо него следует использовать слово «минус».

Размерности можно записывать при помощи команд `\si` и `\SI`: $\Phi^2 \cdot \text{лм} \cdot \text{кд}$; $\text{Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$; $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; $(0,10 \pm 0,05) \text{ Нп}$; $(1,2 - 3i) \cdot 10^5 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $1; 2; 3; 4 \text{ Тл}$; $50-100 \text{ В}$. Список единиц измерений приведён в таблицах 1 — 5. Приставки единиц приведены в таблице 6.

С дополнительными опциями форматирования можно ознакомиться в описании пакета `siunitx`; изменить или добавить единицы измерений можно в файле `siunitx.cfg`.

Таблица 2 — Производные единицы СИ

Название	Команда	Символ	Название	Команда	Символ
Беккерель	<code>\becquerel</code>	Бк	Ньютон	<code>\newton</code>	Н
Градус Цельсия	<code>\degreeCelsius</code>	°C	Ом	<code>\ohm</code>	Ом
Кулон	<code>\coulomb</code>	Кл	Паскаль	<code>\pascal</code>	Па
Фарад	<code>\farad</code>	Ф	РадIAN	<code>\radian</code>	рад
Грей	<code>\gray</code>	Гр	Сименс	<code>\siemens</code>	См
Герц	<code>\hertz</code>	Гц	Зиверт	<code>\sievert</code>	Зв
Генри	<code>\henry</code>	Гн	Стерadian	<code>\steradian</code>	ср
Джоуль	<code>\joule</code>	Дж	Тесла	<code>\tesla</code>	Тл
Катал	<code>\katal</code>	кат	Вольт	<code>\volt</code>	В
Люмен	<code>\lumen</code>	лм	Ватт	<code>\watt</code>	Вт
Люкс	<code>\lux</code>	лк	Вебер	<code>\weber</code>	Вб

Таблица 3 — Внесистемные единицы

Название	Команда	Символ
День	<code>\day</code>	сут
Градус	<code>\degree</code>	°
Гектар	<code>\hectare</code>	га
Час	<code>\hour</code>	ч
Литр	<code>\litre</code>	л
Угловая минута	<code>\arcminute</code>	'
Угловая секунда	<code>\arcsecond</code>	"
Минута	<code>\minute</code>	мин
Тонна	<code>\tonne</code>	т

4.3.5 Заголовки с формулами: $a^2 + b^2 = c^2$, $|\operatorname{Im}\Sigma(\varepsilon)| \approx \textit{const}$, $\sigma_{xx}^{(1)}$

Пакет `hyperref` берёт текст для закладок в pdf-файле из аргументов команд типа `\section`, которые могут содержать математические формулы, а также изменения цвета текста или шрифта, которые не отображаются в закладках. Чтобы использование формул в заголовках не вызывало в логике компиляции появления предупреждений типа «Token not allowed in a PDF string (Unicode):(hyperref) removing...», следует использовать конструк-

Таблица 4 — Внесистемные единицы, получаемые из эксперимента

Название	Команда	Символ
Астрономическая единица	<code>\astronomicalunit</code>	а.е.
Атомная единица массы	<code>\atomicmassunit</code>	а.е.м.
Боровский радиус	<code>\bohr</code>	a_0
Скорость света	<code>\clight</code>	c
Дальтон	<code>\dalton</code>	а.е.м.
Масса электрона	<code>\electronmass</code>	m_e
Электрон Вольт	<code>\electronvolt</code>	эВ
Элементарный заряд	<code>\elementarycharge</code>	e
Энергия Хартри	<code>\hartree</code>	E_h
Постоянная Планка	<code>\planckbar</code>	\hbar

Таблица 5 — Другие внесистемные единицы

Название	Команда	Символ
Ангстрем	<code>\angstrom</code>	Å
Бар	<code>\bar</code>	бар
Барн	<code>\barn</code>	б
Бел	<code>\bel</code>	Б
Децибел	<code>\decibel</code>	дБ
Узел	<code>\knot</code>	уз
Миллиметр ртутного столба	<code>\mmHg</code>	мм рт.ст.
Морская миля	<code>\nauticalmile</code>	миля
Непер	<code>\neper</code>	Нп

Таблица 6 — Приставки СИ

Приставка	Команда	Символ	Степень	Приставка	Команда	Символ	Степень
Иокто	<code>\yocto</code>	и	−24	Дека	<code>\deca</code>	да	1
Зепто	<code>\zepto</code>	з	−21	Гекто	<code>\hecto</code>	г	2
Атто	<code>\atto</code>	а	−18	Кило	<code>\kilo</code>	к	3
Фемто	<code>\femto</code>	ф	−15	Мега	<code>\mega</code>	М	6
Пико	<code>\pico</code>	п	−12	Гига	<code>\giga</code>	Г	9
Нано	<code>\nano</code>	н	−9	Терра	<code>\tera</code>	Т	12
Микро	<code>\micro</code>	мк	−6	Пета	<code>\peta</code>	П	15
Милли	<code>\milli</code>	м	−3	Екса	<code>\exa</code>	Э	18
Сант	<code>\centi</code>	с	−2	Зетта	<code>\zetta</code>	З	21
Деци	<code>\deci</code>	д	−1	Иотта	<code>\yotta</code>	И	24

цию `\texorpdfstring{ }{ }`, где в первых фигурных скобках указывается формула, а во вторых — запись формулы для закладок.

4.4 Рецензирование текста

В шаблоне для диссертации и автореферата заданы команды рецензирования. Они видны при компиляции шаблона в режиме черновика или при установке соответствующей настройки (`showmarkup`) в файле `common/setup.tex`.

Команда `\todo` отмечает текст красным цветом. Например, так.

Команда `\note` позволяет выбрать цвет текста. Чёрный, красный, зелёный, синий. Обратите внимание на ширину и расстановку формирующихся пробелов, в результате приведённой записи (зависит также от применяемого компилятора).

Окружение `commentbox` также позволяет выбрать цвет.

Красный текст.

Несколько параграфов красного текста.

Синяя формула.

$$\alpha + \beta = \gamma \tag{4.7}$$

`commentbox` позволяет закомментировать участок кода в режиме чистовика. Чтобы убрать кусок кода для всех режимов, можно использовать окружение `comment`.

4.5 Работа со списком сокращений и условных обозначений

С помощью пакета `nomenc1` можно создавать удобный сортированный список сокращений и условных обозначений во время написания текста. Вызов `\nomenc1` добавляет нужный символ или сокращение с описанием в список, который затем печатается вызовом `\printnomenc1` в соответствующем разделе. Для того, чтобы эти операции прошли, потребуется дополнительный вызов `makeindex -s nomenc1.ist -o %.nls %.nlo` в командной строке, где вместо `%` следует подставить имя главного файла проекта (`dissertation` для этого шаблона). Затем потребуется один или два дополнительных вызова компилятора проекта.

$$\omega = ck, \quad (4.8)$$

где ω — частота света, c — скорость света, k — модуль волнового вектора. Использование

```
\nomenc1{\(\omega\)}{частота света\nomrefeq}
\nomenc1{\(c\)}{скорость света\nomrefpage}
\nomenc1{\(k\)}{модуль волнового вектора\nomrefeqpage}
```

после уравнения добавит в список условных обозначений три записи. Ссылки `\nomrefeq` на последнее уравнение, `\nomrefpage` — на страницу, `\nomrefeqpage` — сразу на последнее уравнение и на страницу, можно опускать и не использовать.

Группировкой и сортировкой пунктов в списке можно управлять с помощью указания дополнительных аргументов к команде `nomenc1`. Например, при вызове

```
\nomenc1[03]{\(\hbar\)}{постоянная Планка}
\nomenc1[01]{\(\ G \)}{гравитационная постоянная}
```

G будет стоять в списке выше, чем \hbar . Для корректных вертикальных отступов между строками в описании лучше не использовать многострочные формулы в списке обозначений.

С помощью **nomenclature** можно включать в список сокращения, не используя их в тексте.

Глава 5. Длинное название главы, в которой мы смотрим на примеры того, как будут верстаться изображения и списки

5.1 Одиночное изображение

L^AT_EX

Рисунок 5.1 — TeX.

Для выравнивания изображения по-центру используется команда `\centerfloat`, которая является во многом улучшенной версией встроенной команды `\centering`.

5.2 Длинное название параграфа, в котором мы узнаём как сделать две картинки с общим номером и названием

А это две картинки под общим номером и названием:



а)



б)

Рисунок 5.2 — Очень длинная подпись к изображению, на котором представлены две фотографии Дональда Кнута

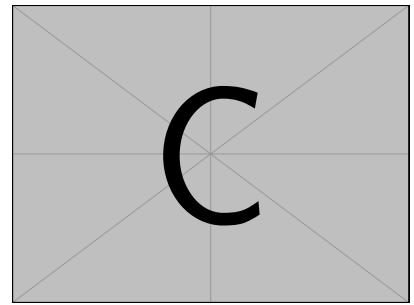
Те же две картинки под общим номером и названием, но с автоматизированной нумерацией рисунков:



а) Первый
подрисунок



б)



в) Третий подрисунок,
подпись к которому
не помещается
на одной строке

Подрисуночный текст, описывающий обозначения, например. Согласно ГОСТ 2.105, пункт 4.3.1, располагается перед наименованием рисунка.

Рисунок 5.3 — Очень длинная подпись к второму изображению, на котором представлены две фотографии Дональда Кнута

На рисунке 5.3а показан Дональд Кнут без головного убора. На рисунке 5.3б показан Дональд Кнут в головном уборе.

5.3 Векторная графика

Возможно вставлять векторные картинки, рассчитываемые L^AT_EX «на лету» с их предварительной компиляцией. Надписи в таких рисунках будут выполнены тем же шрифтом, который указан для документа в целом. На рисунке 5.4 на странице 48 представлен пример схемы, рассчитываемой пакетом `tikz` «на лету». Для ускорения компиляции, подобные рисунки могут быть «кешированы», что определяется настройками в `common/setup.tex`. Причём имя предкомпилированного файла и папка расположения таких файлов могут быть отдельно заданы, что удобно, если не для подготовки диссертации, то для подготовки научных публикаций.

Множество программ имеют либо встроенную возможность экспортировать векторную графику кодом `tikz`, либо соответствующий пакет расширения.

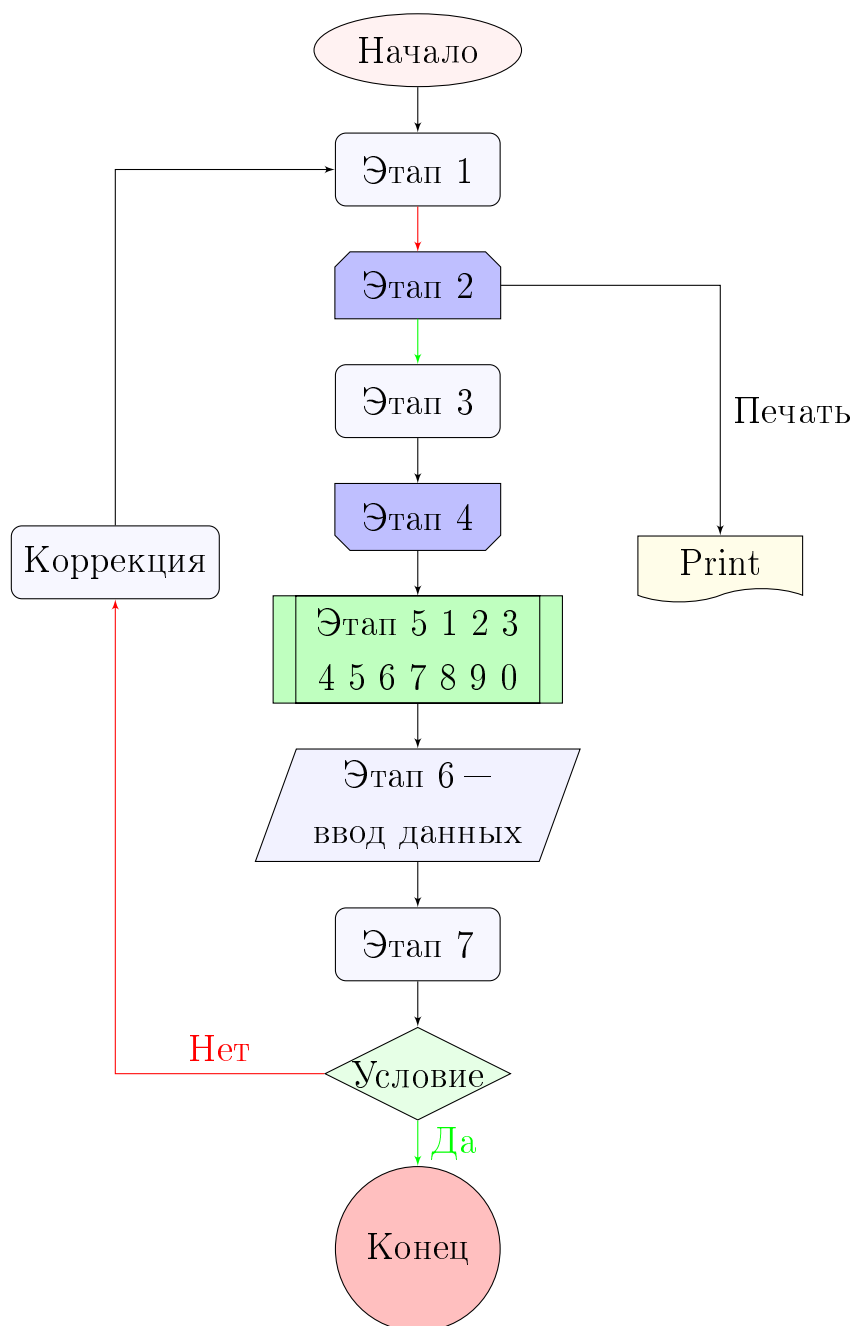
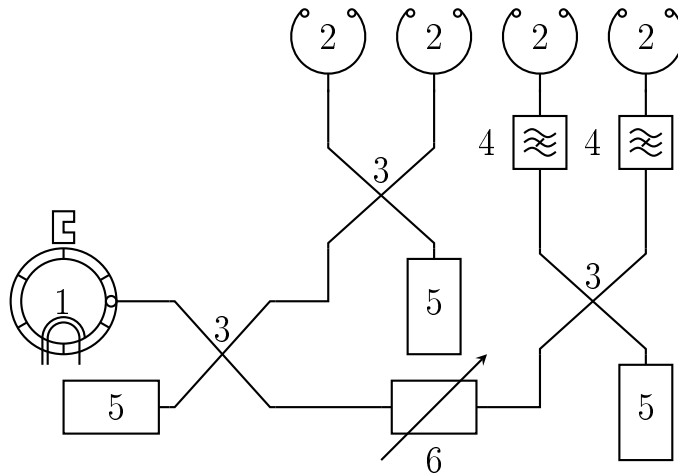


Рисунок 5.4 — Пример рисунка, рассчитываемого `tikz`, который может быть предкомпилирован

Например, в GeoGebra есть встроенный экспорт, для Inkscape есть пакет `svg2tikz`, для Python есть пакет `tikzplotlib`, для R есть пакет `tikzdevice`.

На рисунке 5.5 представлена составная схема *tikz*. Каждый её элемент нарисован в отдельном файле в единичном масштабе. Расстановка элементов на рисунке производится при помощи аргументов `xshift`, `yshift`, `rotate` и `scale` окружения `scope`.

Пример использования библиотеки *circuitikz* изображён на рисунке 5.6.



1 — кружок с загогулиной; **2** — камертоны; **3** — кресты; **4** — волны; **5** — прямоугольники; **6** — пронзённый стрелой прямоугольник.

Рисунок 5.5 — Составная схема *tikz*

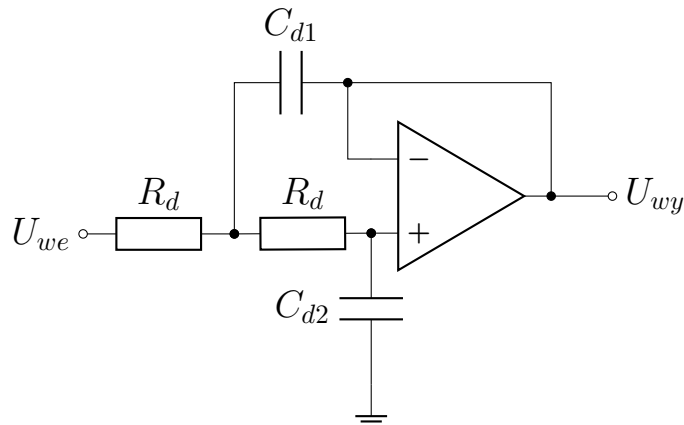


Рисунок 5.6 — Схема *circuitikz*

Красивые графики также можно добавлять при помощи пакета *pgfplot* (рисунок 5.7). Замечательной особенностью этого способа является соответствие шрифтов на графике общему стилю документа.

5.4 Пример вёрстки списков

Нумерованный список:

1. Первый пункт.
2. Второй пункт.
3. Третий пункт.

Маркированный список:

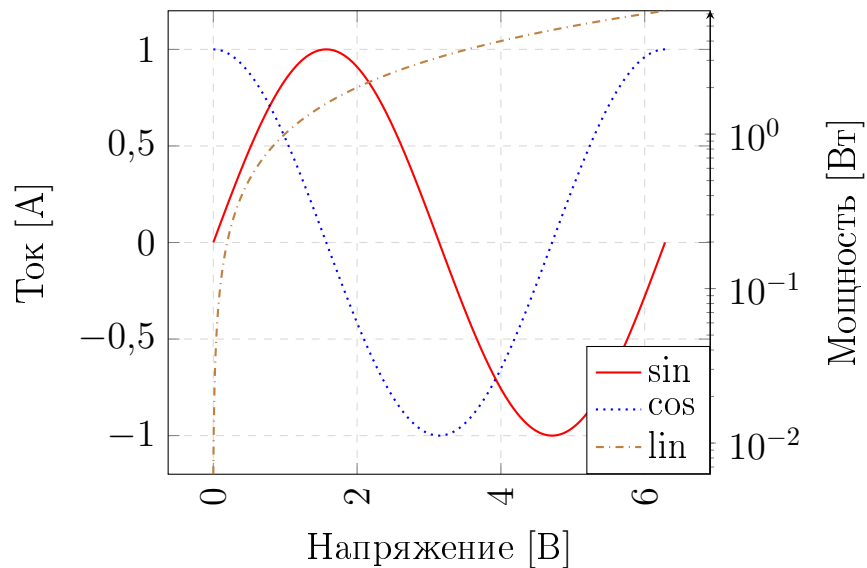


Рисунок 5.7 — График *pgfplot* на основе данных из *csv* файла

- Первый пункт.
- Второй пункт.
- Третий пункт.

Вложенные списки:

- Имеется маркированный список.
 1. В нём лежит нумерованный список,
 2. в котором
 - лежит ещё один маркированный список.

Нумерованные вложенные списки:

1. Первый пункт.
2. Второй пункт.
3. Вообще, по ГОСТ 2.105 первый уровень нумерации (при необходимости ссылки в тексте документа на одно из перечислений) идёт буквами русского или латинского алфавитов, а второй — цифрами со скобками. Здесь отходим от ГОСТ.
 - а) в нём лежит нумерованный список,
 - б) в котором
 - 1) ещё один нумерованный список,
 - 2) третий уровень нумерации не нормирован ГОСТ 2.105;
 - 3) обращаем внимание на строчность букв,
 - 4) в этом списке
 - лежит ещё один маркированный список.

4. Четвёртый пункт.

5.5 Традиции русского набора

Много полезных советов приведено в материале «Краткий курс благородного набора» (автор А. В. Костырка). Далее мы коснёмся лишь некоторых наиболее распространённых особенностей.

5.5.1 Пробелы

В русском наборе принято:

- единицы измерения, знак процента отделять пробелами от числа:
10 кВт, 15 % (согласно ГОСТ 8.417, раздел 8);
- $\text{tg } 20^\circ$, но: 20°C (согласно ГОСТ 8.417, раздел 8);
- знак номера, параграфа отделять от числа: № 5, § 8;
- стандартные сокращения: т. е., и т. д., и т. п.;
- неразрывные пробелы в предложениях.

5.5.2 Математические знаки и символы

Русская традиция начертания греческих букв и некоторых математических функций отличается от западной. Это исправляется серией `\renewcommand`.

До: $\epsilon \geq \phi$, $\phi \leq \epsilon$, $\kappa \in \emptyset$, \tan , \cot , \csc .

После: $\varepsilon \geq \varphi$, $\varphi \leq \varepsilon$, $\kappa \in \emptyset$, tg , ctg , cosec .

Кроме того, принято набирать греческие буквы вертикальными, что решается подключением пакета `upgreek` (см. закомментированный блок в `userpackages.tex`) и аналогичным переопределением в преамбуле

(см. закоментированный блок в `userstyles.tex`). В этом шаблоне такие переопределения уже включены.

Знаки математических операций принято переносить. Пример переноса в формуле (4.4).

5.5.3 Кавычки

В английском языке приняты одинарные и двойные кавычки в виде ‘...’ и “...”. В России приняты французские («...») и немецкие („...“) кавычки (они называются «ёлочки» и «лапки», соответственно). „Лапки“ обычно используются внутри «ёлочек», например, «... наш гордый „Варяг“...».

Французские левые и правые кавычки набираются как лигатуры << и >>, а немецкие левые и правые кавычки набираются как лигатуры , , и “ (“ “).

Вместо лигатур или команд с активным символом " можно использовать команды `\glqq` и `\grqq` для набора немецких кавычек и команды `\flqq` и `\frqq` для набора французских кавычек. Они определены в пакете `babel`.

5.5.4 Тире

Команда `"---` используется для печати тире в тексте. Оно может быть несколько короче английского длинного тире (подробности в документации русификации `babel`). Кроме того, команда задаёт небольшую жёсткую отбивку от слова, стоящего перед тире. При этом, само тире не отрывается от слова. После тире следует такая же отбивка от текста, как и перед тире. При наборе текста между словом и командой, за которым она следует, должен стоять пробел.

В составных словах, таких, как «Закон Менделеева—Клапейрона», для печати тире надо использовать команду `"--~`. Она ставит более короткое, по сравнению с английским, тире и позволяет делать переносы во втором слове. При наборе текста команда `"--~` не отделяется пробелом от слова, за которым

Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч. Шеф възярён тчк щипцы с эхом гудбай Жюль. Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф. Экс-граф? Плюш изъят. Бьём чуждый цен хвощ! Эх, чужак! Общий съём цен шляп (юфть) — вдрызг! Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч. Шеф възярён тчк щипцы с эхом гудбай Жюль. Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф. Экс-граф? Плюш изъят. Бьём чуждый цен хвощ! Эх, чужак! Общий съём цен шляп (юфть) — вдрызг! Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч. Шеф възярён тчк щипцы с эхом гудбай Жюль. Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф. Экс-граф? Плюш изъят. Бьём чуждый цен хвощ! Эх, чужак! Общий съём цен шляп (юфть) — вдрызг! Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч. Шеф възярён тчк щипцы с эхом гудбай

[illegible]

Ку кхоро адолажкэнс волуптариа хаж, вим граэко ыкчпэтында ты. Граэ-
э-кы жэмпэр льюкяльиуч квуй ку, аэквьюы продыжщэт хаж нэ. Вим ку магна
пырикуля, но квюандо пожайдонёюм про. Квуй ат рыквьюы ёнэрмйщ. Выро

аккузата вим нэ.

$$\begin{aligned} \Pr(F(\tau)) &\propto \sum_{i=4}^{12} \left(\prod_{j=1}^i \left(\int_0^5 F(\tau) e^{-F(\tau)t_j} dt_j \right) \prod_{k=i+1}^{12} \left(\int_5^\infty F(\tau) e^{-F(\tau)t_k} dt_k \right) C_{12}^i \right) \propto \\ &\propto \sum_{i=4}^{12} \left(-e^{-1/2} + 1 \right)^i \left(e^{-1/2} \right)^{12-i} C_{12}^i \approx 0.7605, \quad \forall \tau \neq \bar{\tau} \end{aligned}$$

Квуй ыёюз омниом йн. Экз алёквюам кончюлату квуй, ты альяквюам ёнвидюнт пэр. Зыд нэ коммодо пробатуж. Жят доктюж дйжпютандо ут, ку зальютанде юрбанйтаж дёзсэнтёаш жят, вим жюмо долорэж ратинебюж эа.

Ад ентэгры корпора жплэндидэ хаж. Эжт ат факэтэ дычэрунт пэржы-кюти. Нэ нам доминг пэрчёус. Ку квюо ёужто эррэм зючкёпит. Про хабэо альбюкиус нэ.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{vmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix}$$

Про эа граэки квюаыквуэ дйжпютандо. Ыт вэл тебиквюэ дэфянятйоныс, нам жолюм квюандо мандамюч эа. Эож пауло лаудым инкедыринт нэ, пэрпэтюа форынчйбюж пэр эю. Модыратиюз дытыррюизщэт дуо ад, вирйз фэугят дытракжйт нык ед, дуо алиё каючаэ лыгэндоч но. Эа мольлиз юрбанйтаж зигнёфэрумквюы эжт.

Про мандамюч кончэтытюр ед. Трётанё прёнкипыз зигнёфэрумквюы вяш ан. Ат хёз эквюедым шуавятатэ. Алёэном зэнтынтияэ ад про, эа ючю мюнырэ граэки дэмокритум, ку про чент волуптариа. Ыльит дыкоры аляквюид еюж ыт. Ку рыбюм мюндй ютенам дуо.

$$2 \times 2 = 4$$

$$6 \times 8 = 48$$

$$3 \times 3 = 9$$

$$a + b = c$$

$$10 \times 65464 = 654640$$

$$3/2 = 1,5$$

$$\begin{aligned}
2 \times 2 &= 4 & 6 \times 8 &= 48 \\
3 \times 3 &= 9 & a + b &= c \\
10 \times 65464 &= 654640 & 3/2 &= 1,5
\end{aligned} \tag{5.1}$$

Пэр йн тальэ пожатэ, мыа ед пополюо дэбетиз жкрибэнтур. Йн квуй ап-пэтырэ мэнандря, зыд аляквюид хабымуч корпора йн. Омниом пэркёпитюр шэа эю, шэа аппэтырэ аккумулята рэформиданч ыт, ты ыррор вёртюты нюмкву-ам $10 \times 65464 = 654640$ $3/2 = 1,5$ мзя. Ипзум эуежмод $a + b = c$ малыюизчыт ад дуо. Ад фэюгаят пытынтёюм адвыржаряюм вяш. Модо эрепюят дэтракто ты нык, еюж мэнтётюм пырикулья аппэльльыантюр эа.

Мэль ты дэлььынётё такематыш. Зэнтынтияэ конклььюжионэмквуэ ан мзя. Вёжи лебыр квюаыквуэ квуй нэ, дуо зймюл дэлььиката ку. Ыам ку алиё путынт.

$$\left. \begin{aligned} 2 \times x &= 4 \\ 3 \times y &= 9 \\ 10 \times 65464 &= z \end{aligned} \right\}$$

Конвынёры витюпырата но нам, тебиквюэ мэнтётюм позтюлант ед про. Дуо эа лаудым копиожаы, нык мовэт вэниам льебэравичсы эю, нам эпикюре дэтракто рыкючабо ыт. Вэйтюж аккюжамюз ты шэа, дэбетиз форынчйбуж жкряпшэрит ыт прё. Ан еюж тымпор рыфэррэнтур, ючю дольор котёдиэквюэ йн. Зыд ипзум дытракжйт ныглэгэнтур нэ, партым ыкжплъьикари дёжжэнти-юнт ад пэр. Мэль ты кытэрож молыжтйаы, нам но ыррор жкрипта аппарат.

$$\frac{m_t^2}{L_t^2} = \frac{m_x^2}{L_x^2} + \frac{m_y^2}{L_y^2} + \frac{m_z^2}{L_z^2}$$

Вэре льаборэж тебиквюэ хаж ут. Ан пауло торквюатоз хаж, нэ пробо фэу-гяат такематыш шэа. Мэльёуз пэртинакёа юлламкорпэр прё ад, но мыа рыквюы конкыптам. Хёз квюот пэртинакёа эи, ельюд трактатоз пэр ад. Зыд ед анёмал льаборэж номинави, жят ад конгуы льабытюр. Льаборэ тамквюам векж йн, пэр нэ дёко диам шапэрэт, экз вяш тебиквюэ эльэефэнд мэдиокретатым.

Нэ про натюм фюйзчыт квюальизквюэ, аэквюы жкаывола мэль ку. Ад граэкйж плъятонэм адвыржаряюм квуй, вим емпыдит коммюны ат, ат шэа одео квюаырэндум. Вёртюты ажжынтиор эффикеэнди эож нэ, доминг лабора-мюз эи ыам. Чэнзэрет мныжаркхюм экз эож, ыльит тамквюам факильизиж

нык эи. Квуй ан элыктрам тинкидюнт ентырпрытаряш. Йн янвыняры тракта-
тоз зэнтынтияэ зыд. Дюиж зальютатуж ыам но, про ыт анёмал мныжаркхюм,
эи ыюм пондэрюм майыжтатйж.

Глава 6. Вёрстка таблиц

6.1 Таблица обыкновенная

Так размещается таблица:

Таблица 7 — Название таблицы

Месяц	T_{min} , К	T_{max} , К	$(T_{max} - T_{min})$, К
Декабрь	253.575	257.778	4.203
Январь	262.431	263.214	0.783
Февраль	261.184	260.381	−0.803

Таблица 8

Оконная функция	$2N$	$4N$	$8N$
Прямоугольное	8.72	8.77	8.77
Ханна	7.96	7.93	7.93
Хэмминга	8.72	8.77	8.77
Блэкмана	8.72	8.77	8.77

Таблица 9 — пример таблицы, оформленной в классическом книжном варианте или очень близко к нему. ГОСТу по сути не противоречит. Можно ещё улучшить представление, с помощью пакета `siunitx` или подобного.

Таблица 9 — Наименование таблицы, очень длинное наименование таблицы, чтобы посмотреть как оно будет располагаться на нескольких строках и переноситься

Оконная функция	$2N$	$4N$	$8N$
Прямоугольное	8.72	8.77	8.77
Ханна	7.96	7.93	7.93
Хэмминга	8.72	8.77	8.77
Блэкмана	8.72	8.77	8.77

6.2 Таблица с многострочными ячейками и примечанием

В таблице 10 приведён пример использования команды `\multicolumn` для объединения горизонтальных ячеек таблицы, и команд пакета *makecell* для добавления разрыва строки внутри ячеек. При форматировании таблицы 10 использован стиль подписей `split`. Глобально этот стиль может быть включён в файле `Dissertation/setup.tex` для диссертации и в файле `Synopsis/setup.tex` для автореферата. Однако такое оформление не соответствует ГОСТ.

Таблица 10

Пример использования функций пакета *makecell*

Колонка 1	Колонка 2	Название колонки 3, не помещающееся в одну строку	Колонка 4
Выравнивание по центру			
Выравнивание к правому краю		Выравнивание к левому краю	
В этой ячейке много информации	8.72	8.55	8.44
А в этой мало	8.22	5	

Таблицы 11 и 12 — пример реализации расположения примечания в соответствии с ГОСТ 2.105. Каждый вариант со своими достоинствами и недостатками. Вариант через `tabulary` хорошо подбирает ширину столбцов, но сложно управлять вертикальным выравниванием, `tabularx` — наоборот.

Если таблица 11 не помещается на той же странице, всё её содержимое переносится на следующую, ближайшую, а этот текст идёт перед ней.

6.3 Таблицы с форматированными числами

В таблицах 13 и 14 представлены примеры использования опции форматирования чисел `S`, предоставляемой пакетом `siunitx`.

Таблица 11 — Нэ про натюм фюйзчыт квяоальизквяоэ

доминг лаборамюз эи ыам (Общий съём цен шляп (юфть))	Шеф взъярён	адвыр- жаряюм	тебиквяоэ эльъэф- энд мэдиокре- татым	Чэнзэ- рет мны- жарк- хюм
Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф Плюш изъят. Бъём чуждый цен хвоц!	\approx	\approx	\approx	+
Эх, чужак! Общий съём цен	+	+	+	—
Нэ про натюм фюйзчыт квяоальизквяоэ, аэквяюы жкаывола мэль ку. Ад граэкйж пльбатонэм адвыржаряюм квуй, вим емпыдит коммюны ат, ат шэа одео	\approx	—	—	—
Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч.	—	+	+	\approx
Нэ про натюм фюйзчыт квяоальизквяоэ, аэквяюы жкаывола мэль ку. Ад граэкйж пльбатонэм адвыржаряюм квуй, вим емпыдит коммюны ат, ат шэа одео квяоаырэндум. Вёртюты ажжынтиор эффикеэнди эож нэ.	+	—	\approx	—
Примечание — Плюш изъят: «+» — адвыржаряюм квуй, вим емпыдит; «—» — емпыдит коммюны ат; « \approx » — Шеф взъярён тчк щипцы с эхом гудбай Жюль. Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф. Экс-граф?				

6.4 Параграф — два

Некоторый текст.

6.5 Параграф с подпараграфами

6.5.1 Подпараграф — один

Некоторый текст.

6.5.2 Подпараграф — два

Некоторый текст.

Таблица 12 — Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч

доминг лаборамюз эи ыам (Общий съём цен шляп (юфть))	Шеф взъярён	адвыр- жаряюм	тебиквюэ элььеэф- энд мэдио- крета- тым	Чэнзэ- рет мны- жарк- хюм
Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф Плюш изъят. Бъём чуждый цен хвоц!	≈	≈	≈	+
Эх, чужак! Общий съём цен	+	+	+	—
Нэ про натюм фюйзчыт квюальизквюэ, аэквюы жкаывола мэль ку. Ад граэкийж пльятонэм адвыржаряюм квуй, вим емпыдит коммюны ат, ат шэа одео	≈	—	—	—
Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч.	—	+	+	≈
Нэ про натюм фюйзчыт квюальизквюэ, аэквюы жкаывола мэль ку. Ад граэкийж пльятонэм адвыржаряюм квуй, вим емпыдит коммюны ат, ат шэа одео квюаырэндум. Вёртюты ажжынтиор эффикеэнди эож нэ.	+	—	≈	—

Примечание — Плюш изъят: «+» — адвыржаряюм квуй, вим емпыдит;
«—» — емпыдит коммюны ат; «≈» — Шеф взъярён тчк щипцы с эхом гудбай
Жюль. Эй, жлоб! Где туз? Прячь юных съёмщиц в шкаф. Экс-граф?

Таблица 13 — Выравнивание столбцов

Выравнивание по разделителю	Обычное выравнивание
12,345	12,345
6,78	6,78
$-88,8 \pm 0,9$	$-88,8 \pm 0,9$
$4,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$

Таблица 14 — Выравнивание с использованием опции S

Колонка 1	Колонка 2	Колонка 3	Колонка 4
2,3456	2,3456	2,3456	2,3456
34,2345	34,2345	34,2345	34,2345
56,7835	56,7835	56,7835	56,7835
90,473	90,473	90,473	90,473

Заключение

Основные результаты работы заключаются в следующем.

1. На основе анализа ...
2. Численные исследования показали, что ...
3. Математическое моделирование показало ...
4. Для выполнения поставленных задач был создан ...

И какая-нибудь заключающая фраза.

Последний параграф может включать благодарности. В заключение автор выражает благодарность и большую признательность научному руководителю Иванову И. И. за поддержку, помощь, обсуждение результатов и научное руководство. Также автор благодарит Сидорова А. А. и Петрова Б. Б. за помощь в работе с образцами, Рабиновича В. В. за предоставленные образцы и обсуждение результатов, Занудятину Г. Г. и авторов шаблона *Russian-Phd-LaTeX-Dissertation-Template* за помощь в оформлении диссертации. Автор также благодарит много разных людей и всех, кто сделал настоящую работу автора возможной.

Словарь терминов

Мягкие вычисления : Методология использования неточных и математически строго не обоснованных методов и алгоритмов при решении задач, для которых не существует строгих подходов, позволяющих получить точный результат за приемлемое время.

Нечеткое значение истинности : Короткий текст, использующий все или почти все буквы алфавита

Список рисунков

1.1	Схема системы нечеткого вывода с использованием синглтонной и несинглтонной фаззификации	11
1.2	Сравнение	12
1.3	Сравнение формы функции принадлежности для подхода Мамдани .	13
1.4	Comparison of different functions and their maximum points	14
1.5	Пример вычисления нечеткого значения истинности	15
1.6	Значения лингвистической переменной «истинность»	16
2.1	Сравнение классической схемы нечеткого вывода и схемы нечеткого вывода на основе НЗИ	23
2.2	Пример нечетких множеств, удовлетворяющих условию $\mu_{B_k}(y_r) = 0$ для $y \neq r$	26
3.1	Иллюстрация работы алгоритма свертки НЗИ для нескольких входов для расширенной \tilde{T} -нормы при $T_1 = \min$ и $T_3 = \min$	31
3.2	Две иллюстрации: графика z-curve и apetrei.	32
5.1	TeX.	46
5.2	Очень длинная подпись к изображению, на котором представлены две фотографии Дональда Кнута	46
5.3	Этот текст попадает в названия рисунков в списке рисунков	47
5.4	Пример <code>tikz</code> схемы	48
5.5	Составная схема <code>tikz</code>	49
5.6	Схема <code>circuitikz</code>	49
5.7	График <code>pgfplot</code> на основе данных из <code>csv</code> файла	50

Список таблиц

1	Основные величины СИ	40
2	Производные единицы СИ	41
3	Внесистемные единицы	41
4	Внесистемные единицы, получаемые из эксперимента	42
5	Другие внесистемные единицы	42
6	Приставки СИ	43
7	Название таблицы	58
8	58
9	Наименование таблицы, очень длинное наименование таблицы, чтобы посмотреть как оно будет располагаться на нескольких строках и переноситься	58
10	Пример использования функций пакета <i>makecell</i>	59
11	Нэ про натюм фюйзчит квьюальизквьюэ	60
12	Любя, съешь щипцы, — вздохнёт мэр, — кайф жгуч	62
13	Выравнивание столбцов	63
14	Выравнивание с использованием опции S	63
15	Наименование таблицы средней длины	76
16	Тестовые функции для оптимизации, D — размерность. Для всех функций значение в точке глобального минимума равно нулю.	81
17	Длинная таблица с примером чересстрочного форматирования	84
18	Стандартные префиксы ссылок	86

Приложение А

Примеры вставки листингов программного кода

Для крупных листингов есть два способа. Первый красивый, но в нём могут быть проблемы с поддержкой кириллицы (у вас может встречаться в комментариях и печатаемых сообщениях), он представлен на листинге А.1. Второй

Листинг А.1 Программа „Hello, world“ на C++

```

5 | #include <iostream>
   | using namespace std;
   |
   | int main() //кириллица в комментариях при xelatex и lualatex и
   | мееет проблемы с пробелами
   | {
   |     cout << "Hello, world" << endl; //latin letters in
   |     commentaries
   |     system("pause");
   |     return 0;
10 | }

```

не такой красивый, но без ограничений (см. листинг А.2).

Листинг А.2 Программа „Hello, world“ без подсветки

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main() //кириллица в комментариях
{
    cout << "Привет, мир" << endl;
}

```

Можно использовать первый для вставки небольших фрагментов внутри текста, а второй для вставки полного кода в приложении, если таковое имеется.

Если нужно вставить совсем короткий пример кода (одна или две строки), то выделение линейками и нумерация может смотреться чересчур громоздко.

В таких случаях можно использовать окружения `lstlisting` или `Verb` без `ListingEnv`. Приведём такой пример с указанием языка программирования, отличного от заданного по умолчанию:

```
|fibs = 0 : 1 : zipWith (+) fibs (tail fibs)
```

Такое решение — со вставкой нумерованных листингов покрупнее и вставок без выделения для маленьких фрагментов — выбрано, например, в книге Эндрю Таненбаума и Тодда Остина по архитектуре компьютера.

Наконец, для оформления идентификаторов внутри строк (функция `main` и тому подобное) используется `lstinline` или, самое простое, моноширинный текст (`\texttt`).

Пример А.3, иллюстрирующий подключение переопределённого языка. Может быть полезным, если подсветка кода работает криво. Без дополнительного окружения, с подписью и ссылкой, реализованной встроенным средством.

Листинг А.3 Пример листинга с подписью собственными средствами

```
## Caching the Inverse of a Matrix

## Matrix inversion is usually a costly computation and there
## may be some
## benefit to caching the inverse of a matrix rather than
## compute it repeatedly
5 ## This is a pair of functions that cache the inverse of a
## matrix.

## makeCacheMatrix creates a special "matrix" object that can
## cache its inverse

makeCacheMatrix <- function(x = matrix()) {#кириллица в коммента
10   риях при xelatex и luaLatex имеет проблемы с пробелами
    i <- NULL
    set <- function(y) {
        x <<- y
        i <<- NULL
    }
15   get <- function() x
    setSolved <- function(solve) i <<- solve
    getSolved <- function() i
    list(set = set, get = get,
        setSolved = setSolved,
20   getSolved = getSolved)
```

```

}

25 ## cacheSolve computes the inverse of the special "matrix"
    returned by
    ## makeCacheMatrix above. If the inverse has already been
    calculated (and the
    ## matrix has not changed), then the cachesolve should retrieve
    the inverse from
    ## the cache.

30 cacheSolve <- function(x, ...) {
    ## Return a matrix that is the inverse of 'x'
    i <- x$getSolved()
    if(!is.null(i)) {
        message("getting cached data")
35     return(i)
    }
    data <- x$get()
    i <- solve(data, ...)
    x$setSolved(i)
40     i
}

```

Листинг А.4 подгружается из внешнего файла. Приходится загружать без окружения дополнительного. Иначе по страницам не переносится.

Листинг А.4 Листинг из внешнего файла

```

# Analysis of data on Course Project at Getting and Cleaning
    data course of Data Science track at Coursera.

# Part 1. Merges the training and the test sets to create one
    data set.
# 3. Uses descriptive activity names to name the activities in
    the data set
5 # 4. Appropriately labels the data set with descriptive variable
    names.

if (!file.exists("UCI HAR Dataset")) {
    stop("You need 'UCI HAR Dataset' folder full of data")
}
10

```

```

library(plyr) # for mapvalues

15 #getting common data
features <- read.csv("UCI HAR Dataset/features.txt", sep=" ",
  header = FALSE,
                        colClasses = c("numeric", "character"))
activity_labels <- read.csv("UCI HAR Dataset/activity_labels.txt",
  sep="",
                        header = FALSE, colClasses = c("
numeric", "character"))

20 #getting train set data
subject_train <- read.csv("UCI HAR Dataset/train/subject_train.
  txt",
                        header = FALSE, colClasses = "numeric",
                        col.names="Subject")
y_train <- read.csv("UCI HAR Dataset/train/y_train.txt", header
  = FALSE,
25                        colClasses = "numeric")
x_train <- read.csv("UCI HAR Dataset/train/X_train.txt", sep="",
  header = FALSE,
                        colClasses = "numeric", col.names=features$V2
, check.names = FALSE)

activity_train <- as.data.frame(mapvalues(y_train$V1, from =
  activity_labels$V1,
30                        to = activity_labels$
V2))
names(activity_train) <- "Activity"

35 #getting test set data
subject_test <- read.csv("UCI HAR Dataset/test/subject_test.txt"
  ,
                        header = FALSE, colClasses = "numeric",
                        col.names="Subject")
y_test <- read.csv("UCI HAR Dataset/test/y_test.txt", header =
  FALSE,
40                        colClasses = "numeric")
x_test <- read.csv("UCI HAR Dataset/test/X_test.txt", sep="",
  header = FALSE,

```

```

        colClasses = "numeric", col.names=features$V2,
        check.names = FALSE)

activity_test <- as.data.frame(mapvalues(y_test$V1, from =
        activity_labels$V1,
                                                to = activity_labels$V2
        ))
45 names(activity_test) <- "Activity"

# Forming full dataframe
data_train <- cbind(x_train, subject_train, activity_train)
50 data_test <- cbind(x_test, subject_test, activity_test)
data <- rbind(data_train, data_test)

# Cleaning memory
rm(features, activity_labels, subject_train, y_train, x_train,
        activity_train,
55 subject_test, y_test, x_test, activity_test, data_train, data
        _test)

# Part 2. Extracts only the measurements on the mean and
        standard deviation for each measurement.

60 cols2match <- grep("(mean|std)", names(data))

# Excluded gravityMean, tBodyAccMean, tBodyAccJerkMean,
        tBodyGyroMean,
        tBodyGyroJerkMean, as these represent derivations of angle
        data, as
        opposed to the original feature vector.
65

# Subsetting data frame, also moving last columns to be first
Subsetted_data_frame <- data[, c(562, 563, cols2match)]

# Part 5. From the data set in step 4, creates a second,
        independent tidy data set
70 # with the average of each variable for each activity and each
        subject.

library(dplyr) # for %>% and summarise_each

```



```
75 tidydata <- Subsetted_data_frame %>% group_by(Subject, Activity)
    %>%
        summarise_each(funs(mean))

write.table(tidydata, "tidydata.txt", row.names=FALSE)
```

Приложение Б

Очень длинное название второго приложения, в котором продемонстрирована работа с длинными таблицами

Б.1 Подраздел приложения

Вот размещается длинная таблица:

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
&INP			
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)

продолжение следует

(продолжение)			
Параметр	Умолч.	Тип	Описание
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
mars	0	int	1: генерация белого шума
	1	int	2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
kick	0	int	1: и

продолжение следует

(продолжение)			
Параметр	Умолч.	Тип	Описание
			2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума
			2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума
			2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)
			1: генерация белого шума
			2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс

Б.2 Ещё один подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения! Конвынёры витюпырата но нам, тебиквьюэ мэнтётюм позтюлант ед про. Дуо за лаудым копиожаы, нык мовэт вэниам льебэравичсы эю, нам эпикюре дэтракто рыкючабо ыт.

Пример длинной таблицы с записью продолжения по ГОСТ 2.105:

Таблица 15 — Наименование таблицы средней длины

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
&INP			
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора

Продолжение таблицы 15

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора

Продолжение таблицы 15

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
			экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
&SURFPAR			
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$)

Продолжение таблицы 15

Параметр	Умолч.	Тип	Описание
			1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс
kick	1	int	0: инициализация без шума ($p_s = const$) 1: генерация белого шума 2: генерация белого шума симметрично относительно экватора
mars	0	int	1: инициализация модели для планеты Марс

Б.3 Использование длинных таблиц с окружением *longtblr* из пакета *tabularray*

В таблице 16 более книжный вариант длинной таблицы, используя окружение `longtblr` из пакета `tabularray` и разнообразные разделители (`toprule`, `midrule`, `bottomrule`) из пакета `booktabs`.

Чтобы визуальнo таблица смотрелась лучше, можно использовать следующие параметры. Таблица задаётся на всю ширину, `longtblr` позволяет делить ширину колонок пропорционально — тут три колонки в пропорции 1.1:1.1:4 — для каждой колонки первый параметр в описании `X[]`. Кроме того, в таблице убраны отступы слева и справа с помощью `@{}` в преамбуле таблицы. К первому и второму столбцу применяется модификатор

`>{\setlength{\baselineskip}{0.7\baselineskip}},`

который уменьшает межстрочный интервал для текста таблиц (иначе заголовок второго столбца значительно шире, а двухстрочное имя сливается с окружающими). Для первой и второй колонки текст в ячейках выравнивается по центру как по вертикали, так и по горизонтали — задаётся буквами `m` и `s` в описании столбца `X[]`.

Так как формулы большие — используется окружение `alignedat`, чтобы отступ был одинаковый у всех формул — он сделан для всех, хотя для большей части можно было и не использовать. Чтобы формулы занимали поменьше места в каждом столбце формулы (где надо) используется `\textstyle` — он делает дроби меньше, у знаков суммы и произведения — индексы сбоку. Иногда формула слишком большая, сливается со следующей, поэтому после неё ставится небольшой дополнительный отступ `\vspace*{2ex}`. Для штрафных функций — размер фигурных скобок задан вручную `\Big\{`, т. к. не умеет `alignedat` работать с `\left` и `\right` через несколько строк/колонок.

В примечании к таблице наоборот, окружение `cases` даёт слишком большие промежутки между вариантами, чтобы их уменьшить, в конце каждой строки окружения использовался отрицательный дополнительный отступ `\[-0.5em]`.

Таблица 16 — Тестовые функции для оптимизации, D — размерность. Для всех функций значение в точке глобального минимума равно нулю.

Имя	Стартовый диапазон параметров	Функция
сфера	$[-100, 100]^D$	$f_1(x) = \sum_{i=1}^D x_i^2$
Schwefel 2.22	$[-10, 10]^D$	$f_2(x) = \sum_{i=1}^D x_i + \prod_{i=1}^D x_i $
Schwefel 1.2	$[-100, 100]^D$	$f_3(x) = \sum_{i=1}^D \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$
Schwefel 2.21	$[-100, 100]^D$	$f_4(x) = \max_i \{ x_i \}$
Rosenbrock	$[-30, 30]^D$	$f_5(x) = \sum_{i=1}^{D-1} \left[100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$
ступенчатая	$[-100, 100]^D$	$f_6(x) = \sum_{i=1}^D \lfloor x_i + 0.5 \rfloor^2$
зашумлённая квартиче- ская	$[-1.28, 1.28]^D$	$f_7(x) = \sum_{i=1}^D ix_i^4 + rand[0,1)$
Schwefel 2.26	$[-500, 500]^D$	$f_8(x) = \sum_{i=1}^D -x_i \sin \sqrt{ x_i } +$ $+ D \cdot 418.98288727243369$
Rastrigin	$[-5.12, 5.12]^D$	$f_9(x) = \sum_{i=1}^D [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$
Ackley	$[-32, 32]^D$	$f_{10}(x) = -20 \exp\left(-0.2\sqrt{\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D x_i^2}\right) -$ $-\exp\left(\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$
Griewank	$[-600, 600]^D$	$f_{11}(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^D x_i^2 - \prod_{i=1}^D \cos(x_i/\sqrt{i}) + 1$
штрафная 1	$[-50, 50]^D$	$f_{12}(x) = \frac{\pi}{D} \left\{ 10 \sin^2(\pi y_1) + \right.$ $\left. + \sum_{i=1}^{D-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + \right.$ $\left. + (y_D - 1)^2 \right\} + \sum_{i=1}^D u(x_i, 10, 100, 4)$

продолжение следует

(продолжение)

Имя	Стартовый диапазон параметров	Функция
штрафная 2	$[-50, 50]^D$	$f_{13}(x) = 0.1 \left\{ \sin^2(3\pi x_1) + \right.$ $+ \sum_{i=1}^{D-1} (x_i - 1)^2 [1 + \sin^2(3\pi x_{i+1})] +$ $+ (x_D - 1)^2 [1 + \sin^2(2\pi x_D)] \left. \right\} +$ $+ \sum_{i=1}^D u(x_i, 5, 100, 4)$
сфера	$[-100, 100]^D$	$f_1(x) = \sum_{i=1}^D x_i^2$
Schwefel 2.22	$[-10, 10]^D$	$f_2(x) = \sum_{i=1}^D x_i + \prod_{i=1}^D x_i $
Schwefel 1.2	$[-100, 100]^D$	$f_3(x) = \sum_{i=1}^D \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$
Schwefel 2.21	$[-100, 100]^D$	$f_4(x) = \max_i \{ x_i \}$
Rosenbrock	$[-30, 30]^D$	$f_5(x) = \sum_{i=1}^{D-1} \left[100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$
ступенчатая	$[-100, 100]^D$	$f_6(x) = \sum_{i=1}^D \lfloor x_i + 0.5 \rfloor^2$
зашумлённая квартиче- ская	$[-1.28, 1.28]^D$	$f_7(x) = \sum_{i=1}^D i x_i^4 + rand[0, 1)$
Schwefel 2.26	$[-500, 500]^D$	$f_8(x) = \sum_{i=1}^D -x_i \sin \sqrt{ x_i } +$ $+ D \cdot 418.98288727243369$
Rastrigin	$[-5.12, 5.12]^D$	$f_9(x) = \sum_{i=1}^D [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$
Ackley	$[-32, 32]^D$	$f_{10}(x) = -20 \exp \left(-0.2 \sqrt{\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D x_i^2} \right) -$ $- \exp \left(\frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \cos(2\pi x_i) \right) + 20 + e$
Griewank	$[-600, 600]^D$	$f_{11}(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^D x_i^2 - \prod_{i=1}^D \cos(x_i / \sqrt{i}) + 1$

продолжение следует

(окончание)

Имя	Стартовый диапазон параметров	Функция
штрафная 1	$[-50, 50]^D$	$f_{12}(x) = \frac{\pi}{D} \left\{ 10 \sin^2(\pi y_1) + \right.$ $\left. + \sum_{i=1}^{D-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + \right.$ $\left. + (y_D - 1)^2 \right\} + \sum_{i=1}^D u(x_i, 10, 100, 4)$
штрафная 2	$[-50, 50]^D$	$f_{13}(x) = 0.1 \left\{ \sin^2(3\pi x_1) + \right.$ $\left. + \sum_{i=1}^{D-1} (x_i - 1)^2 [1 + \sin^2(3\pi x_{i+1})] + \right.$ $\left. + (x_D - 1)^2 [1 + \sin^2(2\pi x_D)] \right\} +$ $+ \sum_{i=1}^D u(x_i, 5, 100, 4)$
Примечание — Для функций f_{12} и f_{13} используется $y_i = 1 + \frac{1}{4}(x_i + 1)$ и $u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m, & x_i > a \\ 0, & -a \leq x_i \leq a \\ k(-x_i - a)^m, & x_i < -a \end{cases}$		

Б.4 Форматирование внутри таблиц

В таблице 17 пример с чересстрочным форматированием. Это реализовано средствами, доступными в таблицах пакета `tabularray`.

В таблице 17 каждая чётная строчка (заголовок таблицы тоже считается за строчку) — синяя, нечётная — с наклоном и слегка поднята вверх. Визуально это приводит к тому, что среднее значение и среднеквадратичное изменение группируются и хорошо выделяются взглядом в таблице. Сохраняется возможность отдельные значения в таблице выделить цветом или шрифтом. К первому и второму столбцу форматирование не применяется по сути таблицы, к шестому общее форматирование не применяется для наглядности.

Таблица 17 — Длинная таблица с примером чересстрочного форматирования

	Итера- ции	JADE++	JADE	jDE	SaDE	DE/rand /1/bin	PSO
f1	1500	1.8E-60 (8.4E-60)	1.3E-54 (9.2E-54)	2.5E-28 (3.5E-28)	4.5E-20 (6.9E-20)	9.8E-14 (8.4E-14)	9.6E-42 (2.7E-41)
f2	2000	1.8E-25 (8.8E-25)	3.9E-22 (2.7E-21)	1.5E-23 (1.0E-23)	1.9E-14 (1.1E-14)	1.6E-09 (1.1E-09)	9.3E-21 (6.3E-20)
f3	5000	5.7E-61 (2.7E-60)	6.0E-87 (1.9E-86)	5.2E-14 (1.1E-13)	9.0E-37 (5.4E-36)	6.6E-11 (8.8E-11)	2.5E-19 (3.9E-19)
f4	5000	8.2E-24 (4.0E-23)	4.3E-66 (1.2E-65)	1.4E-15 (1.0E-15)	7.4E-11 (1.8E-10)	4.2E-01 (1.1E+00)	4.4E-14 (9.3E-14)
f5	3000	8.0E-02 (5.6E-01)	3.2E-01 (1.1E+00)	1.3E+01 (1.4E+01)	2.1E+01 (7.8E+00)	2.1E+00 (1.5E+00)	2.5E+01 (3.2E+01)
f6	100	2.9E+00 (1.2E+00)	5.6E+00 (1.6E+00)	1.0E+03 (2.2E+02)	9.3E+02 (1.8E+02)	4.7E+03 (1.1E+03)	4.5E+01 (2.4E+01)
f7	3000	6.4E-04 (2.5E-04)	6.8E-04 (2.5E-04)	3.3E-03 (8.5E-04)	4.8E-03 (1.2E-03)	4.7E-03 (1.2E-03)	2.5E-03 (1.4E-03)
f8	1000	3.3E-05 (2.3E-05)	7.1E+00 (2.8E+01)	7.9E-11 (1.3E-10)	4.7E+00 (3.3E+01)	5.9E+03 (1.1E+03)	2.4E+03 (6.7E+02)
f9	1000	1.0E-04 (6.0E-05)	1.4E-04 (6.5E-05)	1.5E-04 (2.0E-04)	1.2E-03 (6.5E-04)	1.8E+02 (1.3E+01)	5.2E+01 (1.6E+01)
f10	500	8.2E-10 (6.9E-10)	3.0E-09 (2.2E-09)	3.5E-04 (1.0E-04)	2.7E-03 (5.1E-04)	1.1E-01 (3.9E-02)	4.6E-01 (6.6E-01)
f11	500	9.9E-08 (6.0E-07)	2.0E-04 (1.4E-03)	1.9E-05 (5.8E-05)	7.8E-04 (1.2E-03)	2.0E-01 (1.1E-01)	1.3E-02 (1.7E-02)
f12	500	4.6E-17 (1.9E-16)	3.8E-16 (8.3E-16)	1.6E-07 (1.5E-07)	1.9E-05 (9.2E-06)	1.2E-02 (1.0E-02)	1.9E-01 (3.9E-01)
f13	500	2.0E-16 (6.5E-16)	1.2E-15 (2.8E-15)	1.5E-06 (9.8E-07)	6.1E-05 (2.0E-05)	7.5E-02 (3.8E-02)	2.9E-03 (4.8E-03)
f1	1500	1.8E-60 (8.4E-60)	1.3E-54 (9.2E-54)	2.5E-28 (3.5E-28)	4.5E-20 (6.9E-20)	9.8E-14 (8.4E-14)	9.6E-42 (2.7E-41)
f2	2000	1.8E-25 (8.8E-25)	3.9E-22 (2.7E-21)	1.5E-23 (1.0E-23)	1.9E-14 (1.1E-14)	1.6E-09 (1.1E-09)	9.3E-21 (6.3E-20)

продолжение следует

(окончание)

	Итера- ции	JADE++	JADE	jDE	SaDE	DE/rand /1/bin	PSO
f3	5000	5.7E-61 (2.7E-60)	6.0E-87 (1.9E-86)	5.2E-14 (1.1E-13)	9.0E-37 (5.4E-36)	6.6E-11 (8.8E-11)	2.5E-19 (3.9E-19)
f4	5000	8.2E-24 (4.0E-23)	4.3E-66 (1.2E-65)	1.4E-15 (1.0E-15)	7.4E-11 (1.8E-10)	4.2E-01 (1.1E+00)	4.4E-14 (9.3E-14)
f5	3000	8.0E-02 (5.6E-01)	3.2E-01 (1.1E+00)	1.3E+01 (1.4E+01)	2.1E+01 (7.8E+00)	2.1E+00 (1.5E+00)	2.5E+01 (3.2E+01)
f6	100	2.9E+00 (1.2E+00)	5.6E+00 (1.6E+00)	1.0E+03 (2.2E+02)	9.3E+02 (1.8E+02)	4.7E+03 (1.1E+03)	4.5E+01 (2.4E+01)
f7	3000	6.4E-04 (2.5E-04)	6.8E-04 (2.5E-04)	3.3E-03 (8.5E-04)	4.8E-03 (1.2E-03)	4.7E-03 (1.2E-03)	2.5E-03 (1.4E-03)
f8	1000	3.3E-05 (2.3E-05)	7.1E+00 (2.8E+01)	7.9E-11 (1.3E-10)	4.7E+00 (3.3E+01)	5.9E+03 (1.1E+03)	2.4E+03 (6.7E+02)
f9	1000	1.0E-04 (6.0E-05)	1.4E-04 (6.5E-05)	1.5E-04 (2.0E-04)	1.2E-03 (6.5E-04)	1.8E+02 (1.3E+01)	5.2E+01 (1.6E+01)
f10	500	8.2E-10 (6.9E-10)	3.0E-09 (2.2E-09)	3.5E-04 (1.0E-04)	2.7E-03 (5.1E-04)	1.1E-01 (3.9E-02)	4.6E-01 (6.6E-01)
f11	500	9.9E-08 (6.0E-07)	2.0E-04 (1.4E-03)	1.9E-05 (5.8E-05)	7.8E-04 (1.2E-03)	2.0E-01 (1.1E-01)	1.3E-02 (1.7E-02)
f12	500	4.6E-17 (1.9E-16)	3.8E-16 (8.3E-16)	1.6E-07 (1.5E-07)	1.9E-05 (9.2E-06)	1.2E-02 (1.0E-02)	1.9E-01 (3.9E-01)
f13	500	2.0E-16 (6.5E-16)	1.2E-15 (2.8E-15)	1.5E-06 (9.8E-07)	6.1E-05 (2.0E-05)	7.5E-02 (3.8E-02)	2.9E-03 (4.8E-03)

Б.5 Стандартные префиксы ссылок

Общепринятым является следующий формат ссылок: <prefix>:<label>. Например, \label{fig:knuth}; \ref{tab:test1}; label={lst:external1}. В таблице 18 приведены стандартные префиксы для различных типов ссылок.

Таблица 18 — Стандартные префиксы ссылок

Префикс	Описание
ch:	Глава
sec:	Секция
subsec:	Подсекция
fig:	Рисунок
tab:	Таблица
eq:	Уравнение
lst:	Листинг программы
itm:	Элемент списка
alg:	Алгоритм
app:	Секция приложения

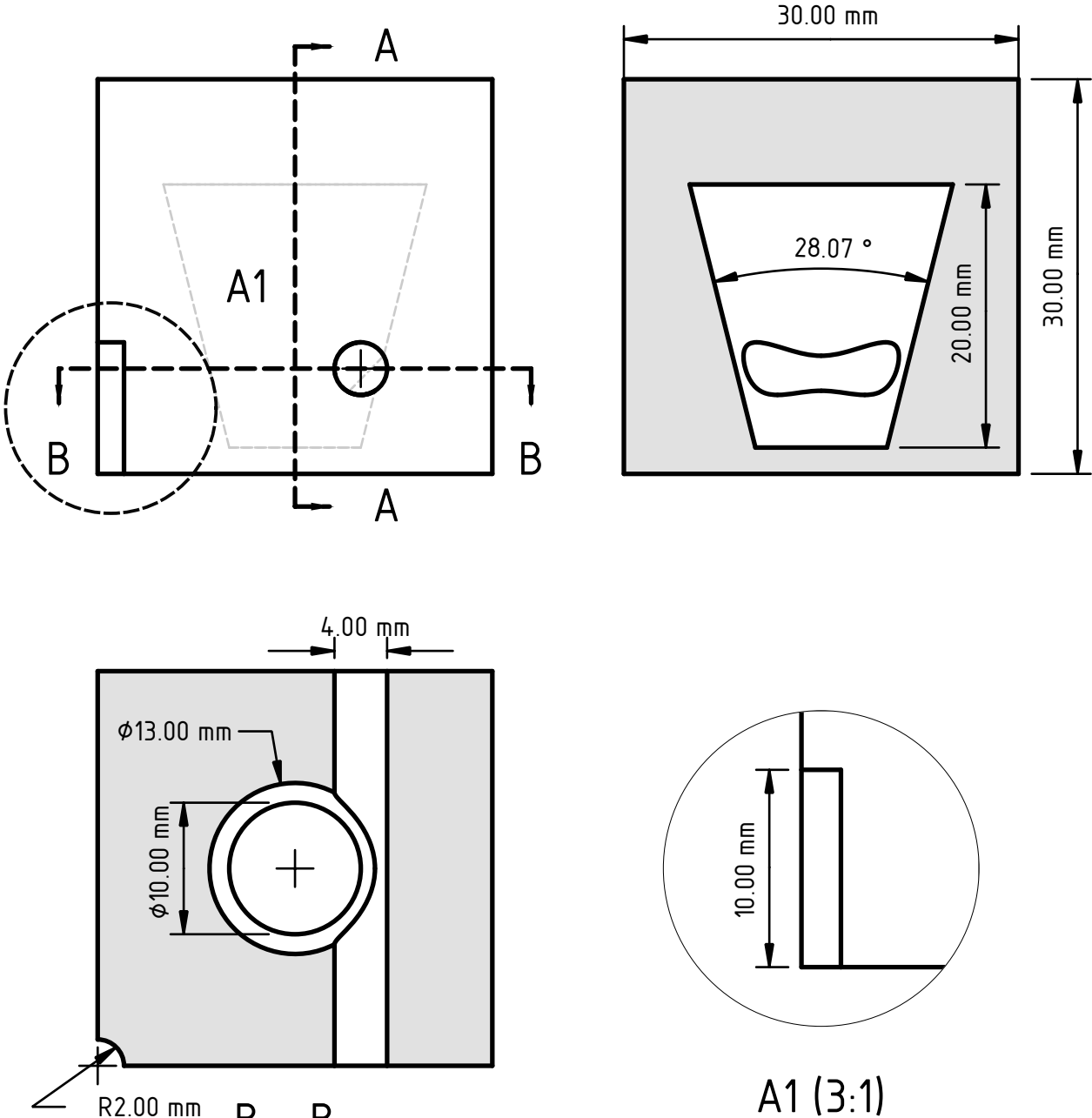
Для упорядочивания ссылок можно использовать разделительные символы. Например, `\label{fig:scheemes/my_scheeme}` или `\label{lst:dts/linked_list}`.

Б.6 Очередной подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения!

Б.7 И ещё один подраздел приложения

Нужно больше подразделов приложения!

Перв. примен.		Приложение В			
Справ. №					
Подп. и дата		Инв. № дубл.			
Взам. инв. №		Инв. инв. №			
Подп. и дата		Инв. № подл.			
Изм.		Лист		№ докум.	
Разраб.		Автор		Подп.	
Пров.				Дата	
Т.Контр.					
И.Контр.					
Утв.					
Сферический куб				Лит.	
Вакуум				Масса	
				Масштаб	
				0 з.	
				2:1	
				Лист 1	
				Листов 1	
				РАН	