

**ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ»
Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Программная инженерия»
(ВШЭ ФКН ПИ)**

УДК 004.94:005.8

СОГЛАСОВАНО

Доцент департамента

Программной инженерии,

ФКН, к.т.н.

_____ К. Ю. Дегтярёв

«_____» _____ 20__г.

УТВЕРЖДАЮ

Академический руководитель

образовательной программы

«Программная инженерия»

старший преподаватель

_____ Н. А. Павлов

«_____» _____ 20__г.

**Выпускная квалификационная работа
(академическая)
на тему: ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОСПРИЯТИЯ
ФАКТОРОВ УСПЕХА IT-ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ**

по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

Исполнитель

Студент группы БПИ204

образовательной программы

«Программная инженерия»

Пеганов Никита Сергеевич

_____ Н. С. Пеганов

«_____» _____ 20__г.

Выпускная квалификационная работа
(академическая)
на тему: **ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОСПРИЯТИЯ**
ФАКТОРОВ УСПЕХА IT-ПРОЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
НЕЧЕТКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ

по направлению подготовки 09.03.04 «Программная инженерия»

Листов 0

Содержание

1 Аннотация

В представленной пояснительной записке описывается работа программы "IT-success-factors-model.exe", которая используется для моделирования восприятия факторов успеха IT-проекта с использованием метода нечетких когнитивных карт. Задачей данной программы является обеспечение возможности визуализации, анализа и понимания динамики развития IT-проектов посредством моделирования взаимного влияния ключевых факторов их успешности.

Основные требования к содержанию и оформлению данной пояснительной записки разработаны в соответствии с:

- ГОСТ 19.101-77 Виды программ и программных документов [?];
- ГОСТ 19.102-77 Стадии разработки [?];
- ГОСТ 19.103-77 Обозначения программ и программных документов [?];
- ГОСТ 19.104-78 Основные надписи [?];
- ГОСТ 19.105-78 Общие требования к программным документам [?];
- ГОСТ 19.106-78 Требования к программным документам, выполненным печатным способом [?];
- ГОСТ 19.404-79 Пояснительная записка. Требования к содержанию и оформлению [?].

Изменения к данной пояснительной записке оформляются согласно ГОСТ 19.603-78 [?], ГОСТ 19.604-78 [?].

2 Введение

2.1 Наименование программы на русском языке

Программа для моделирования восприятия факторов успеха IT-проекта с использованием нечетких когнитивных карт.

2.2 Наименование программы на английском языке

A Program for Modeling the Perception of Success Factors of an IT-Project Using Fuzzy Cognitive Maps.

2.3 Документы, на основании которых ведется разработка

Программа разработана в рамках выполнения выпускной квалификационной работы — "Программа для моделирования восприятия факторов успеха IT-проекта с использованием нечетких когнитивных карт", в соответствии с учебным планом 4 курса бакалавриата направления 09.03.04 «Программная инженерия» [?].

Основание для разработки — учебный план подготовки бакалавров по направлению 09.03.04 «Программная инженерия» [?] и утвержденная академическим руководителем программы тема дипломной работы.

3 Назначение и область применения

3.1 Назначение программы

Общим назначением разрабатываемой программы является визуализация, анализ и понимание факторов успеха ИТ-проектов. Это достигается путем использования нечетких когнитивных карт, что позволяет включить в модель любые переменные (факторы), даже те, которые сложно или невозможно измерить в количественных терминах. Основное назначение этого ПО — определение и визуализация взаимосвязей между различными факторами с точки зрения стейкхолдеров.

Программа реализует нечеткие модели вычислений, с помощью которых аналитики могут оценивать и анализировать полученные данные, опираясь на предложенные нечеткие модели вычислений. Нечеткие когнитивные карты (Fuzzy Cognitive Maps, FCM) дают возможность моделировать одну и ту же систему по-разному, в зависимости от целей и профессиональных навыков людей или групп людей, фиксируя изменяемые во времени величины моделируемой ситуации.

Программа генерирует FCM, которые можно использовать для визуализации сложных систем и отображения их развития во времени. При этом, в ряде случаев, применяется SWOT-анализ — это позволяет более полно охарактеризовать исследуемые факторы.

С течением времени, могут меняться не только сами факторы, но и связи между ними. Программа позволяет учесть это, перестраивая и модифицируя карты. Это обеспечивает возможность итеративной корректировки модели и поиск новых зависимостей и уязвимостей.

3.2 Целевая аудитория продукта

Целевой аудиторией данной программы являются, преимущественно, специалисты, работающие в ИТ-секторе, а именно аналитики, менеджеры проектов и ИТ-директора. Это связано с тем, что программа позволяет моделировать восприятие факторов успеха ИТ-проектов и может быть полезной для исследования и управления различными аспектами таких проектов.

Вместе с тем, данная программа может быть использована в обучающих целях и обладает потенциалом быть полезной для студентов и преподавателей ИТ-специальностей, особенно для тех, кто изучает или преподаёт курсы, связанные с управлением ИТ-проектами, анализом данных, искусственным интеллектом или когнитивной наукой.

Наконец, потенциальными пользователями данной программы могут быть и авторы научных исследований из области ИТ и когнитивистики. Она может оказаться полезной при изучении восприятия факторов, влияющих на успех ИТ-проектов, и при исследовании механизмов принятия решений в рамках таких проектов.

В то же время, следует отметить, что оперировать данной программой могут преимущественно люди, обладающие нужным навыком и знаниями для работы с нечеткими когнитивными картами. Подразумевается использование программы одним аналитиком и множеством стейкхолдеров для создания результата коллективного обсуждения.

3.3 Актуальность проблемы

В последнее время, в свете растущей зависимости бизнеса от технологий, успешное выполнение ИТ-проектов становится особенно важным для организаций различных сфер деятельности и масштаба. Однако, измерение и предсказание успеха в случае ИТ-проектов всё ещё являются сложной задачей, так как они зависят от множества факторов, характеризующихся неоднозначностью и взаимной связью с другими аспектами рассмотрения.

В связи с этим, программа для моделирования восприятия факторов успеха ИТ-проектов с использованием нечетких когнитивных карт обретает значительную актуальность. Факторы успеха проекта часто являются

нечетко определенными и интерпретируемыми, что делает использование нечетких когнитивных карт подходящим выбором для их анализа и моделирования.

Методология когнитивного моделирования была предложена американским политологом и экономистом Робертом Аксельродом [?]. Когнитивное моделирование предназначалось для принятия решений в плохо определенных ситуациях. Нечеткие когнитивные карты, впервые предложенные Бартом Коско [?], являются смешанным типом графического представления знаний, включающего в себя элементы когнитивных карт и нечеткой логики.

В последние годы они вновь привлекают внимание исследователей, подобно тому как нейронные сети после своего «забвения» в 90-х годах 20-го века, сейчас снова переживают свой пик популярности. Например, нечеткие когнитивные карты используются в исследовательских работах, написанных в 2018, 2019 и 2022 годах [?, ?, ?]. Как и нейронные сети, нечеткие когнитивные карты могут быть применены для моделирования сложных взаимосвязей и получения результатов на основе неопределенной и нечеткой информации.

В многочисленных исследовательских работах авторы рассматривают нечеткие когнитивные карты как удобный и наглядный аппарат моделирования. Факторы и связи между факторами располагаются в FCM в структуре, подобной структуре головного мозга человека (в очень упрощенном виде), поэтому получаемая модель легко воспринимается и удобна для обсуждения. Также нечеткие когнитивные карты отличаются универсальностью, что позволяет использовать их в множестве различных областей [?].

Несмотря на нейросетеподобную структуру нечетких когнитивных карт, в рамках данной выпускной квалификационной работы не предполагается использование сложных алгоритмов нейронных сетей. Главным образом, это обусловлено спецификой выбранной методологии — нечетких когнитивных карт. Данный подход предполагает создание модели с использованием сетевой структуры, раскрывающей прямые и обратные связи между различными факторами успеха IT-проекта.

Моделирование факторов успеха IT-проекта — одна из областей, в которых успешно применяются нечеткие когнитивные карты. Например, в работе "Modelling IT projects success with Fuzzy Cognitive Maps" [?] авторы применяют FCM для моделирования факторов успеха мобильной платежной системы, проекта, связанного с быстро развивающимся миром мобильных телекоммуникаций. Описанная в работе методология использует четыре матрицы для представления результатов, которые методология обеспечивает на каждом из своих этапов. Это начальная матрица успеха (IMS), Фазифицированная матрица успеха (FZMS), Матрица успеха силы отношений (SRMS) и Итоговая матрица успеха (FMS). Авторы статьи делают вывод, что Критические факторы успеха (CSF) — это те необходимые условия, которым должен удовлетворять проект, чтобы его воспринимали как успешный. Требуется улучшение процессов определения и оценки подходящих CSF для IT-проектов из-за возросшей сложности и неопределенности.

В работе "Using cognitive maps for modeling project success" [?], вышедшей в том же году, применяются когнитивные карты. Для наглядности в ней рассматривается реальный строительный проект, реализованный в Турции. В работе также описаны преимущества и недостатки когнитивных карт. Среди преимуществ когнитивных карт авторы отмечают их способность представлять сложные идеи и информацию в простой и понятной форме. Когнитивные карты также помогают улучшить понимание и организацию знаний, а также способствуют более эффективному принятию решений. Однако у когнитивных карт также есть недостатки. Они могут быть сложными для создания и интерпретации, особенно если они включают большое количество информации или сложные взаимосвязи. Кроме того, они могут быть субъективными, поскольку они основаны на знаниях и восприятии отдельного человека или группы людей.

В статье "Assessing it projects success with extended fuzzy cognitive maps & neutrosophic cognitive maps in comparison to fuzzy cognitive maps" [?] представлено исследование, в котором авторы сравнивают применение расширенных нечетких когнитивных карт и нейтрософских когнитивных карт в оценке успеха проекта мобильной платежной системы. Для этого они создали различные когнитивные карты с несколькими группами стейкхолдеров. В результате, авторы сделали вывод, что нейтрософские когнитивные карты показали лучшие результаты, чем нечеткие когнитивные карты и улучшенные когнитивные карты.

Анализ литературы показывает, что использование когнитивных карт является эффективным инструментом

для моделирования и оценки факторов успеха IT-проектов. Эти методы позволяют представить сложные идеи и информацию в простой и понятной форме, улучшить понимание и организацию знаний, а также способствуют более эффективному принятию решений.

Однако, как отмечено в анализируемых работах, эти методы имеют свои недостатки, включая сложность создания и интерпретации карт, особенно при большом объеме информации и сложных взаимосвязях, а также субъективность, поскольку они основаны на знаниях и восприятии отдельного человека или группы людей.

Также стоит отметить, что важность определения и оценки критических факторов успеха (CSF) для IT-проектов подчеркивается во всех рассмотренных работах. Это подтверждает актуальность нашего исследования и выбранной темы выпускной квалификационной работы.

Таким образом, разработка и использование программы для моделирования восприятия факторов успеха IT-проектов с использованием нечетких когнитивных карт является полезным и актуальным подходом к решению сложной проблемы IT-управления и планирования.

3.3.1 Функциональное назначение

Программа предназначена для моделирования восприятия различных факторов, которые способствуют или препятствуют успеху IT-проектов. Она использует принципы нечетких когнитивных карт для преобразования качественных оценок в количественные данные, что позволяет более точно анализировать и визуализировать динамику проекта.

Основные функции программы включают:

- Создание списка факторов, влияющих на итоговый успех проекта. Эти факторы могут быть определены пользователем или группой пользователей, что обеспечивает гибкость системы и возможность учета уникальных особенностей каждой отдельной ситуации.
- Ввод данных о том, как каждый фактор влияет на другие, и преобразование этих данных в формальный вид с использованием нечетких множеств.
- Визуализация связей между факторами и расчет относительных значений в узлах, что позволяет увидеть, какой фактор является решающим и как он влияет на общую картину.
- Генерация выводов на основе анализа ситуации и формирование выводов о будущем ходе проекта.
- Запись и чтение созданных нечетких когнитивных карт в файл.

Таким образом, данная программа служит инструментом для анализа и улучшения процесса управления IT-проектами, позволяя более эффективно определять стратегии развития и принимать управленческие решения.

3.3.2 Эксплуатационное назначение

Эксплуатационное назначение разработанной программы заключается в моделировании восприятия влияния различных факторов на успех IT-проекта с использованием нечетких когнитивных карт.

Программа предназначена для:

- Представления с каждым фактором определенной характеристики, которая помогает оператору понимать важность и актуальность данного фактора для проекта в целом;
- Возможности наблюдения и анализа весов связей между различными факторами, что позволяет оператору определить ключевые связи и элементы в структуре проекта;
- Предоставления информации о динамике изменения значений различных факторов во времени, что позволяет оператору реагировать на изменения во внешнем и внутреннем окружении проекта вовремя и принимать корректировки в стратегию проекта при необходимости;

- Выделения наиболее значимых факторов для успеха проекта, что позволяет сфокусироваться на ключевых элементах и не тратить ресурсы на менее важные аспекты;
- Получения дополнительной информации для лучшего понимания тех аспектов, которые в значительной или несущественной степени влияют на успех проекта.

Для каждого фактора учитывается гибкость настроек его влияния, относительные значения в узлах и влияние на другие факторы. Программа позволяет преобразовать оценки влияния с использованием нечеткой логики и формальных представлений нечетких множеств.

Результатами работы программы становятся визуализированные когнитивные карты, на основе которых можно сделать выводы о наиболее важных моментах и факторах успеха IT-проекта.

Одним из важных преимуществ программы является возможность имитации изменения взаимодействия факторов во времени, что позволяет проследить эволюцию проекта в долгосрочной перспективе.

3.4 Область применения программы

Программа для моделирования восприятия факторов успеха IT-проекта с использованием нечетких когнитивных карт предназначена для использования IT-специалистами, управляющими и исследователями в области управления информационными технологиями.

Основные области применения программы включают:

- Разработку и управление IT-проектами. Моделирование факторов успеха проекта помогает управляющим эффективно управлять ресурсами и контролировать процесс реализации проекта;
- Исследование в области IT. Использование нечетких когнитивных карт позволяет формировать более точное и объективное представление об исследуемых объектах и процессах;
- Образование. Программа может быть использована для обучения студентов и участников профессиональных курсов основам управления IT-проектами и технологиям моделирования;
- Использование в комплексе с другими методами управления и предсказания для увеличения точности анализа и принятия решений.

Таким образом, данная программа может быть применена в различных областях связанных с IT-технологиями, включая научные исследования, обучение, планирование и управление IT-проектами.

4 Технические характеристики

4.1 Постановка задачи на разработку программы

Разрабатываемая программа должна быть наделена следующими функциями:

1. Обеспечивать оператору механизмы для создания моделей влияния факторов успеха IT-проекта, основываясь на предоставленных им данных и применяя метод нечетких когнитивных карт;
2. Давать возможность оператору создавать свои индивидуальные модели влияния действующих факторов на успех IT-проекта;
3. Позволять оператору выбирать факторы IT-проекта из списка существующих, наиболее часто встречающихся факторов;
4. Реализовывать функционал, позволяющий вносить изменения в построенные модели, в том числе добавлять или удалять факторы, изменять взаимосвязи между факторами и так далее;
5. Давать возможность оператору сохранять построенные или измененные модели во внешний файл;
6. Предоставлять возможность оператору сохранять разные версии когнитивной карты в процессе изменения;
7. Обеспечивать оператору возможность анализа информации о взаимосвязях факторов в различных вариантах;
8. Обеспечивать оператору возможность ввода и анализа лингвистических термов и соответствующих им функций принадлежности;
9. Давать возможность оператору заменять значения весов когнитивной карты на формальное представление лингвистических термов;
10. Предоставлять оператору возможность анализа ключевой информации, связанной с когнитивной картой, которая используется для выводов о значимости и влиянии конкретных факторов на успешность IT-проекта.

4.2 Описание алгоритмов функционирования программы

Программа для моделирования восприятия факторов успеха IT-проекта базируется на использовании нечетких когнитивных карт.

4.2.1 Типы нечетких множеств

1. Нечеткие множества (первого типа) являются ключевым элементом в области нечеткой логики, которая была впервые предложена Лотфи Заде в 1965 году [?]. В отличие от классической бинарной логики, где элемент либо принадлежит множеству, либо нет, нечеткие множества позволяют элементам принадлежать множеству в определенной степени. Это достигается путем введения функции принадлежности, которая каждому элементу ставит в соответствие число от 0 до 1, отражающее степень его принадлежности к множеству. Такой подход позволяет более точно моделировать неопределенность и нечеткость реального мира, что делает нечеткие множества полезными во многих областях, включая искусственный интеллект, системы принятия решений, обработку изображений и многие другие.

Под нечетким множеством A понимается совокупность упорядоченных пар, составленных из элементов x универсального множества X и соответствующих степеней принадлежности $\mu_A(x)$:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\},$$

$\mu_A(x)$ — функция принадлежности, указывающая, в какой степени элемент x принадлежит нечеткому множеству A . Функция $\mu_A(x)$ принимает значения в некотором линейно упорядоченном множестве M , которое называют множеством принадлежностей.

2. Нечеткие множества второго типа представляют собой расширение классической теории нечетких множеств, предложенное Лотфи Заде в 1975 году. Они были введены для моделирования ситуаций, когда степень принадлежности элемента к множеству сама является нечеткой. В отличие от обычных нечетких множеств, где каждому элементу ставится в соответствие степень принадлежности в диапазоне от 0 до 1, в нечетких множествах второго типа каждому элементу ставится в соответствие нечеткое множество первого типа. Таким образом, нечеткие множества второго типа позволяют учесть большую степень неопределенности и нечеткости, что делает их полезными во многих приложениях, включая системы принятия решений, обработку нечеткой информации и моделирование сложных систем. Таким образом, формально нечеткие множества второго типа могут быть выражены как:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u)/(x, u),$$

знак двойного интегрирования означает объединение по допустимым x и u для непрерывного универсального множества (для дискретных универсальных множеств вместо этого используются символы двойного суммирования).

3. Нечеткие множества типа 3 является усовершенствованной версией множеств типа 2, разработанной с расширенными возможностями для управления неопределенностями. В множествах типа 3 вторичная функция принадлежности также является функцией принадлежности типа 2. Это означает, что верхний и нижний пределы членства не являются фиксированными, в отличие от множеств типа 2. Эта характеристика позволяет нечетким множествам типа 3 справляться с более высокой степенью неопределенности [?]. Нечеткое множество типа 3 можно определить следующим образом:

Для каждого элемента $x \in X$, функция принадлежности $\mu_A(x)$ нечеткого множества A типа 3 определяется как:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1] \times [0, 1],$$

первый элемент пары представляет нижний предел членства, а второй элемент представляет верхний предел членства.

Вторичная функция принадлежности $\mu'_A(x)$ определяется как:

$$\mu'_A(x) : [0, 1] \rightarrow [0, 1],$$

$\mu'_A(x)$ представляет степень уверенности в принадлежности x к множеству A .

4. Интуиционистское нечеткое множество, является обобщением нечеткого множества, которое включает в себя степень непринадлежности функции в дополнение к функции принадлежности. Он был введен Атанасовым как способ более всесторонне справиться с неопределенностью и неточностями. Интуиционистское нечеткое множество может быть определено так:

Пусть X — непустое множество. Интуиционистское нечеткое множество (IFS) A в X определяется как $A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) | x \in X\}$, $\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1]$ и $\nu_A(x) : X \rightarrow [0, 1]$ являются функциями, представляющими степень принадлежности и непричастности каждого элемента x в X к множеству A , соответственно, удовлетворяющие условию $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ для каждого $x \in X$.

В этом определении, $\mu_A(x)$ это функция принадлежности, и $\nu_A(x)$ является функцией непринадлежности. Условие $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ гарантирует, что сумма степеней принадлежности и непричастности для любого элемента не превышает 1, что является фундаментальным свойством интуиционистских нечетких множеств.

В данной выпускной квалификационной работе будут рассмотрены множества 1 и 2 типа, а также интуиционистские нечеткие множества. Нечеткие множества типа 3 не являются достаточно интуитивно понятными, а также усложняют ввод данных со стороны пользователя программы.

4.2.2 Виды функций принадлежности

Функции принадлежности используются в теории нечетких множеств для определения степени принадлежности элемента к определенному множеству. Вот несколько основных видов функций принадлежности:

1. Треугольная функция принадлежности: Это наиболее простая функция принадлежности, которая имеет форму треугольника. Она определяется тремя точками: началом, вершиной и концом.
2. Гауссова функция принадлежности: Эта функция имеет форму колокола и определяется двумя параметрами: центром и шириной. Гауссова функция принадлежности часто используется в случаях, когда данные имеют нормальное распределение.
3. Трапецевидная функция принадлежности: Эта функция имеет форму трапеции и определяется четырьмя точками: началом, началом плато, концом плато и концом.
4. Сигмоидальная функция принадлежности: Эта функция имеет форму S-образной кривой и определяется двумя параметрами: центром и шириной. Сигмоидальная функция принадлежности часто используется в случаях, когда данные имеют бинарное распределение.
5. Z-образная и S-образная функции принадлежности: Они используются для представления возрастающих и убывающих тенденций.
6. Параболическая функция принадлежности: Эта функция имеет форму параболы и определяется двумя параметрами: центром и шириной.
7. Бета-функция принадлежности: Эта функция определяется четырьмя параметрами и может принимать различные формы, включая форму колокола, S-образную кривую и другие.
8. Гамма-функция принадлежности: Эта функция определяется двумя параметрами и может принимать различные формы, включая форму колокола, S-образную кривую и другие.



Рис. 1: Виды функций принадлежности

Каждая из этих функций принадлежности имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретной функции зависит от специфики задачи и данных. В данной работе будут рассмотрены треугольная функция принадлежности, Гауссова функция принадлежности и трапецевидная функция принадлежности, как наиболее популярные.

4.2.3 Алгоритмы дефаззификации

Дефаззификация - это процесс преобразования нечеткого вывода экспертной системы в точное числовое значение. Это необходимо для того, чтобы принять конкретное решение на основе нечеткого вывода. Существует несколько методов дефаззификации, рассмотрим некоторые из них.

Метод центра тяжести

Метод центра тяжести (COG) вычисляет центр тяжести функции принадлежности, используя следующую формулу:

$$COG = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx},$$

- x - это точка на оси X ,
- $\mu(x)$ - это степень принадлежности точки x к нечеткому множеству.

В этой формуле числитель представляет собой интеграл от произведения каждой точки на оси X на ее степень принадлежности к нечеткому множеству. Знаменатель - это интеграл от степени принадлежности каждой точки на оси X к нечеткому множеству. Результатом является точка на оси X , которая представляет собой "центр тяжести" функции принадлежности.

Этот метод обеспечивает хороший баланс между точностью и вычислительной сложностью, и он широко используется в различных приложениях, включая системы управления, прогнозирование и анализ данных.

Метод биссектрисы площади

Метод биссектрисы площади (Area Bisector method) или метод центра площади (Center of Area method) - это метод дефаззификации, который вычисляет центр тяжести под областью нечеткого множества. Этот метод предполагает, что каждая точка в области имеет одинаковую важность. Метод биссектрисы площади (Area Bisector method) или метод центра площади (Center of Area method) - это метод дефаззификации, который вычисляет центр тяжести под областью нечеткого множества. Этот метод предполагает, что каждая точка в области имеет одинаковую важность.

Алгоритм дефаззификации методом биссектрисы площади можно описать следующим образом:

1. Вычислить общую площадь под нечетким множеством. Это можно сделать, например, с помощью интегрирования.
2. Найти точку, которая делит область под нечетким множеством на две равные части. Это можно сделать, например, с помощью метода бисекции.

Формула для вычисления центра тяжести в методе биссектрисы площади выглядит следующим образом:

$$COA = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx},$$

- COA - центр тяжести,
- x - значение переменной,
- $\mu(x)$ - степень принадлежности значения x к нечеткому множеству.

Этот метод дефаззификации обеспечивает хорошие результаты, когда форма нечеткого множества симметрична. Если форма нечеткого множества асимметрична, результат может быть искажен.

Метод среднего максимума

Метод среднего максимума вычисляет среднее значение всех максимальных значений функции принадлежности.

Пусть A - нечеткое множество, представленное своей функцией принадлежности $\mu_A(x)$ на универсальном