

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт машиностроения, материалов и транспорта
Высшая школа автоматизации и робототехники

ОТЧЁТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2

Разработка нечёткой экспертной системы
по дисциплине «Нечёткие системы обработки информации
в мехатронике и робототехнике»

Выполнил
студент гр. 3341506/10401

Паньков И.С.

Проверил
ассистент

Абросимов Э.А.

«__» _____ 2022 г.

Санкт-Петербург
2022

Цель работы

Цель работы — изучить особенности применения нечётких методов для решения слабо формализованных задач и закрепить навыки разработки систем нечёткого вывода в интерактивном режиме с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox.

Задание

1 При помощи пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox разработать систему нечёткого вывода типа Мамдани, обеспечивающую принятие решения следующей задачи:

Какую оценку поставить студенту за выполнение и защиту лабораторной работы?

- Если ответы на вопросы по лабораторной работе нечёткие, не аргументированные или задание выполнено с большими недочетами, то оценка «удовлетворительно»;
- Если ответы на вопросы по лабораторной работе совершенно не верны и задание выполнено неправильно, то оценка «неудовлетворительно»;
- Если ответы на вопросы удовлетворительные и задание выполнено с малыми недочетами, то оценка «удовлетворительно»;
- Если ответы на вопросы хорошие и задание выполнено с малыми недочетами, то оценка «хорошо»;
- Если ответы логичные и чёткие и задание выполнено без недочетов, то оценка «отлично».

2 Оценить адекватность функционирования полученной системы нечёткого вывода при помощи средства просмотра правил системы нечёткого вывода (Rule Viewer).

3 Исследовать влияние типа и параметров функций принадлежности термов входных и выходных переменных на характер поверхности «входы – выход» системы нечёткого вывода.

- 4 Исследовать влияние весовых коэффициентов правил нечётких продукций на характер поверхности «входы – выход» системы нечёткого вывода.
- 5 Сделать выводы по проделанной работы.
- 6 Подготовить отчёт по лабораторной работе.

Ход работы

Введём две входные переменные: качество ответов *response* и качество выполнения задания *report*. Качество будем оценивать по десятибалльной шкале, то есть значения входных переменных могут лежать в диапазоне $[0; 10]$. Для соответствующих входных переменных системы нечёткого вывода определим пять термов: *bad*, *poor*, *fair*, *good* и *excellent*. В целях упрощения системы на начальном этапе рассмотрим только треугольные функции принадлежности, равномерно распределённые по всей области определения входных переменных. Графики функций принадлежности входных переменных $\mu(\text{response})$ и $\mu(\text{report})$ представлены на рисунке 1.

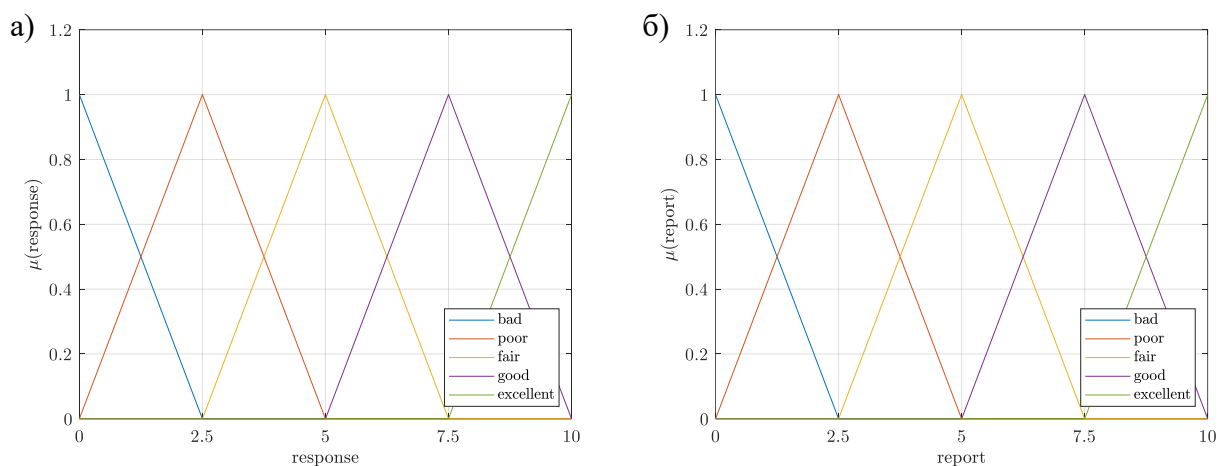


Рисунок 1 — Функции принадлежности термов входных переменных:
а) — $\mu(\text{response})$, б) — $\mu(\text{report})$

Введём также выходную переменную *grade*, соответствующую оценке за выполнение и защиту лабораторной работы. Поскольку словесным обозначениям оценок «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» соответствуют численные значения «2», «3», «4» и «5», область определения переменной установим в диапазоне $[2; 5]$. Для выходной переменной нечёткой системы определим четыре терма — *unsatisfactory*, *satisfactory*, *good* и *excellent* — с треугольными функциями принадлежности, равномерно распределёнными по области определения. График функций принадлежности выходной переменной $\mu(\text{grade})$ представлен на рисунке 2.

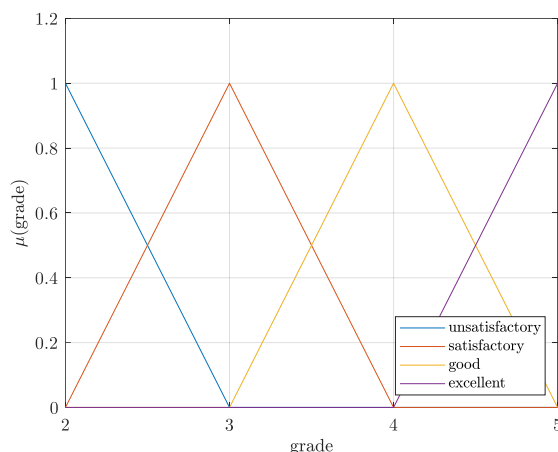


Рисунок 2 — Функции принадлежности термов выходной переменной $\mu(\text{grade})$

В соответствии с заданием определим для системы нечёткого вывода следующую базу правил нечётких продукций:

- 1 Если $\text{response} = \text{poor}$ или $\text{report} = \text{poor}$, то $\text{grade} = \text{satisfactory}$;
- 2 Если $\text{response} = \text{bad}$ и $\text{report} = \text{bad}$, то $\text{grade} = \text{unsatisfactory}$;
- 3 Если $\text{response} = \text{fair}$ и $\text{report} = \text{good}$, то $\text{grade} = \text{satisfactory}$;
- 4 Если $\text{response} = \text{good}$ и $\text{report} = \text{good}$, то $\text{grade} = \text{good}$;
- 5 Если $\text{response} = \text{excellent}$ и $\text{report} = \text{excellent}$, то $\text{grade} = \text{excellent}$.

Поверхность «входы – выход» разработанной системы нечёткого вывода с треугольными функциями принадлежности термов входных и выходных переменных представлена на рисунке 3.

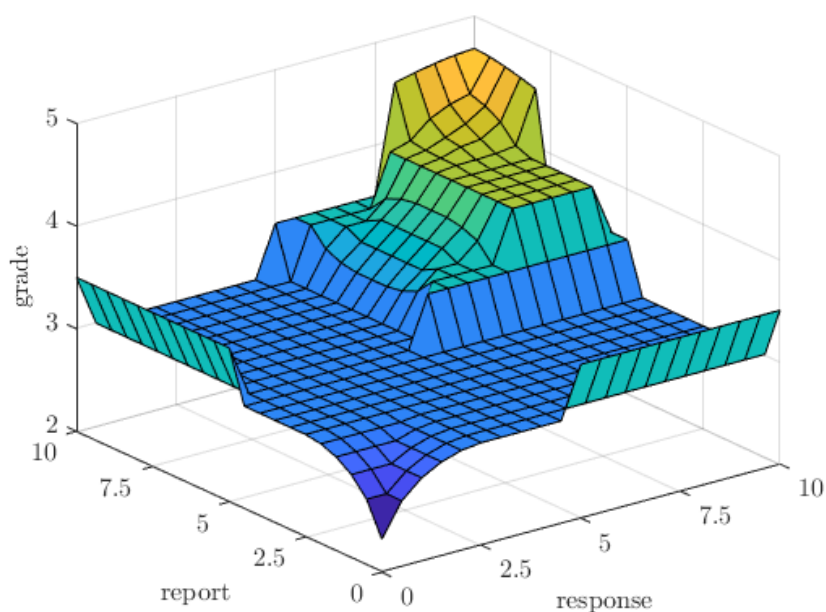


Рисунок 3 — Поверхность «входы – выход» системы нечёткого вывода

Полученная система, в целом, удовлетворяет поставленной задаче (и во многом соответствует реальности). Как можно видеть, глядя на поверхность, выполнение лабораторной работы хотя бы на каком-то уровне и при условии дачи хоть каких-то ответов гарантирует получение оценки «удовлетворительно». Если отчёт и ответы на вопросы студента имеют качество выше среднего, он может претендовать на оценку «хорошо». Если же работа выполнена идеально, а студент показал высокие знания на защите, он получает оценку «отлично». Отсутствие отчёта и неспособность отвечать на вопросы ведёт к получению оценки «неудовлетворительно». Также можно отметить, что качество ответов на вопросы влияет на оценку сильнее, нежели качество выполнения работы.

Однако можно отметить проявления негативных эффектов в спроектированной системе. Система ведёт себя несколько странно в пограничных областях, например, при нулевом качестве выполнения работы и ответах выше среднего (и наоборот) система предлагает поставить оценку между «удовлетворительно» и «хорошо». Также наблюдается «провал» поверхности при идеальных ответах на вопросы и качестве отчёта выше среднего. Кроме того, можно отметить достаточно небольшую величину области, в которой можно получить оценку «отлично» и, как следствие, почти полную невозможность получить что-то выше «хорошо». Некоторые численные значения, демонстрирующие работу системы нечёткого вывода, представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Результаты работы системы нечёткого вывода

report	response				
	0 (poor)	2,5 (bad)	5 (fair)	7,5 (good)	10 (excellent)
0 (poor)	grade = 2,32 (unsatisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)
2,5 (bad)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)
5 (fair)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)
7,5 (good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 4,00 (good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)
10 (excellent)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,00 (satisfactory)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 3,50 (satisfactory/good)	grade = 4,68 (excellent)

Исследуем влияние типа функции принадлежности на характер поверхности «входы – выход» на систему нечёткого вывода. Для этого проанализируем различные комбинации типов функций принадлежности, добавив к рассмотрению гауссовы функции принадлежности. Сравнение функций принадлежности термов входных и выходных переменных представлено на рисунке 4.

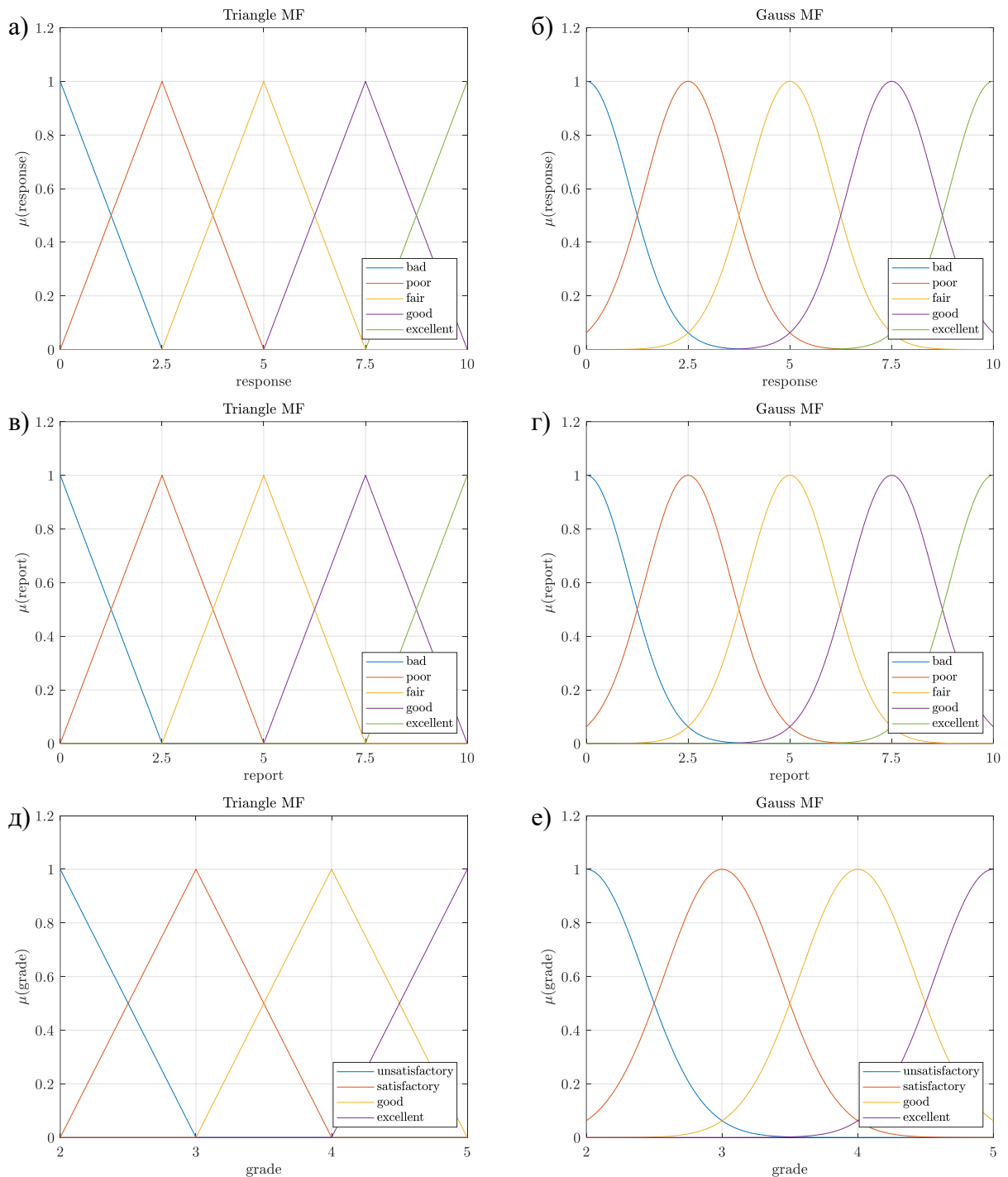


Рисунок 4 — Функции принадлежности термов входных и выходных переменных:

- а) — $\mu(\text{response})$ с треугольными функциями, б) — $\mu(\text{response})$ с гауссовыми функциями,
 в) — $\mu(\text{report})$ с треугольными функциями, г) — $\mu(\text{report})$ с гауссовыми функциями,
 д) — $\mu(\text{grade})$ с треугольными функциями, е) — $\mu(\text{grade})$ с гауссовыми функциями

Сравнение поверхностей «входы – выход» систем нечёткого вывода с различными типами функций принадлежности входных и выходных переменных представлено на рисунке 5.

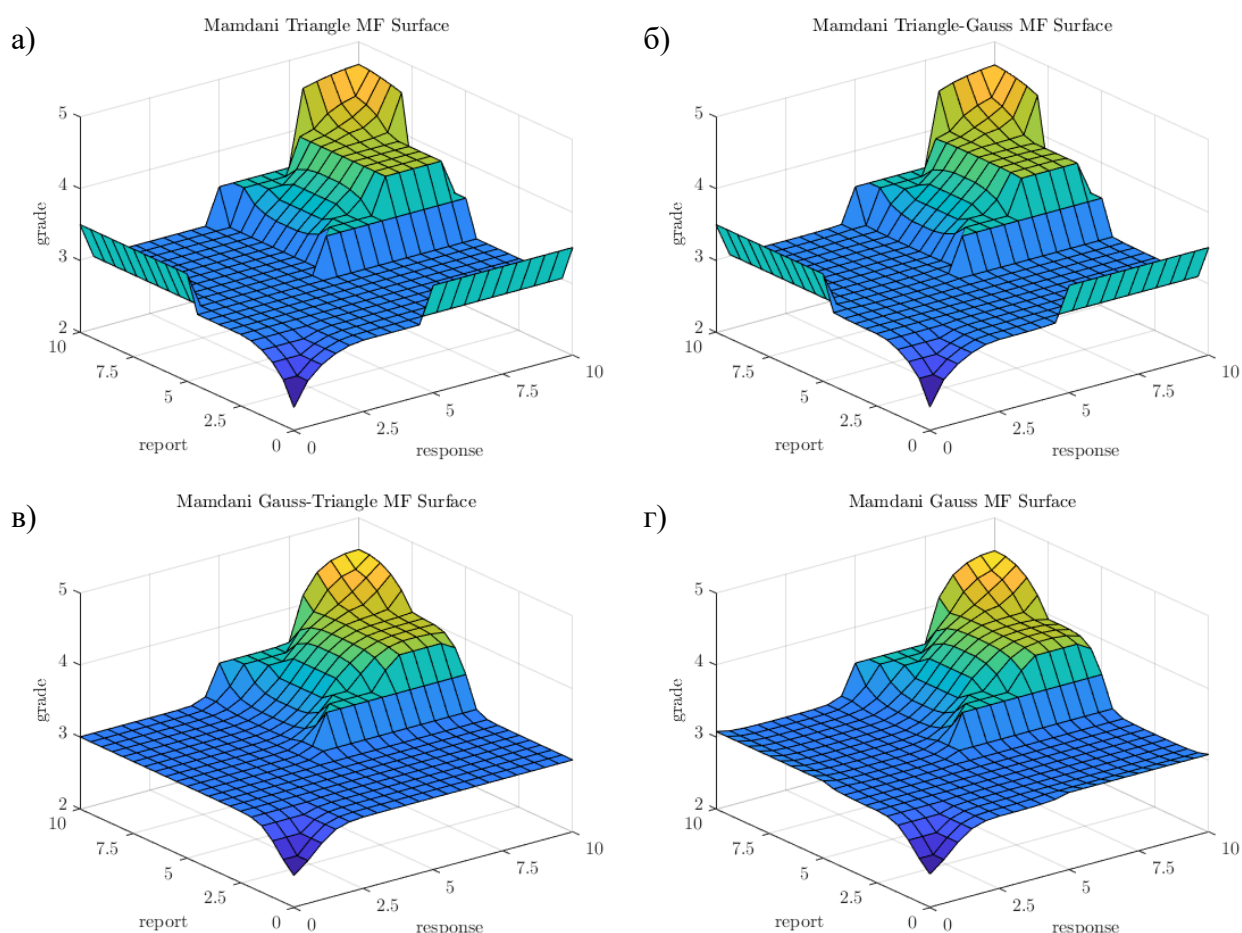


Рисунок 5 — Поверхности «входы – выход» систем нечёткого вывода с различными типами функций принадлежности термов входных и выходных переменных: а) — с треугольными функциями на входах и на выходе, б) — с треугольными функциями на входах и гауссовыми функциями на выходе, в) — с гауссовыми функциями на входах и треугольными функциями на выходе, г) — с гауссовыми функциями на входах и на выходе

Как видно при сравнении поверхностей, замена треугольных функций на гауссовы на выходе системы практически не влияет на характер поверхности «входы – выход». В то же самое время применение гауссовых функций вместо треугольных на входе системы заметно сглаживает поверхность и нивелирует некоторые граничные неточности (особенности) работы системы нечёткого вывода, описанные ранее. Однако стоит отметить, что сглаживание ещё сильнее уменьшило область поверхности, соответствующую получению оценки «отлично» за выполнение и защиту работы.

Исследуем влияние параметров функций принадлежности на характер поверхности «входы – выход» системы нечёткого вывода. В частности, проанализируем вклад величины размаха функций принадлежности на форму поверхности, добавив к рассмотрению функции, «сжатые» и «растянутые» вдоль оси абсцисс. Сравнение функций принадлежности термов входных и выходных переменных представлено на рисунках 6 и 7.

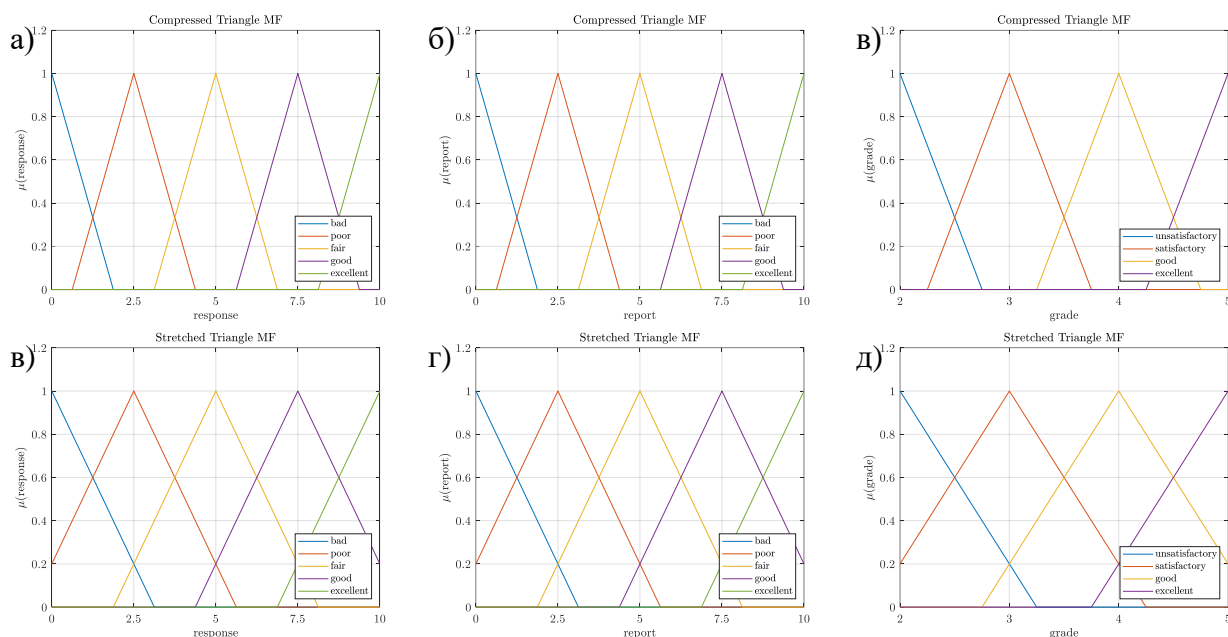


Рисунок 6 — Функции принадлежности термов входных и выходных переменных:
а), б), в) — $\mu(\text{response})$, $\mu(\text{report})$ и $\mu(\text{grade})$ со «сжатыми» треугольными функциями,
г), д), е) — $\mu(\text{response})$, $\mu(\text{report})$ и $\mu(\text{grade})$ с «растянутыми» треугольными функциями

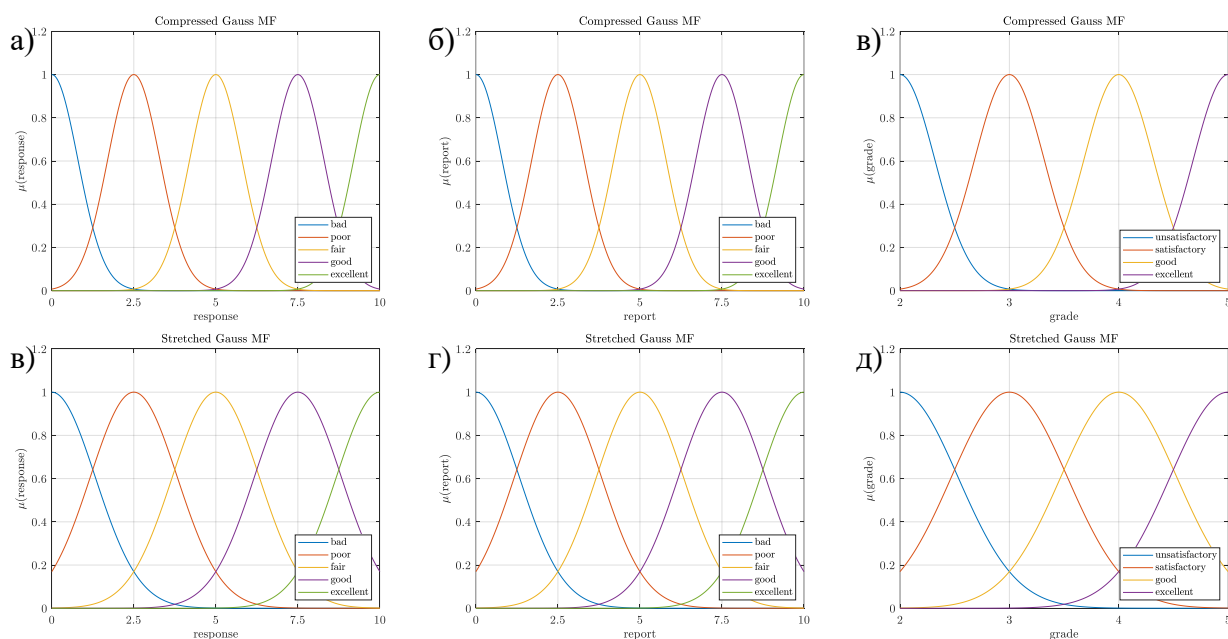


Рисунок 7 — Функции принадлежности термов входных и выходных переменных:
а), б), в) — $\mu(\text{response})$, $\mu(\text{report})$ и $\mu(\text{grade})$ со «сжатыми» гауссовыми функциями,
г), д), е) — $\mu(\text{response})$, $\mu(\text{report})$ и $\mu(\text{grade})$ с «растянутыми» гауссовыми функциями

Сравнение поверхностей «входы – выход» систем нечёткого вывода с различными параметрами функций принадлежности входных и выходных переменных представлено на рисунке 8.

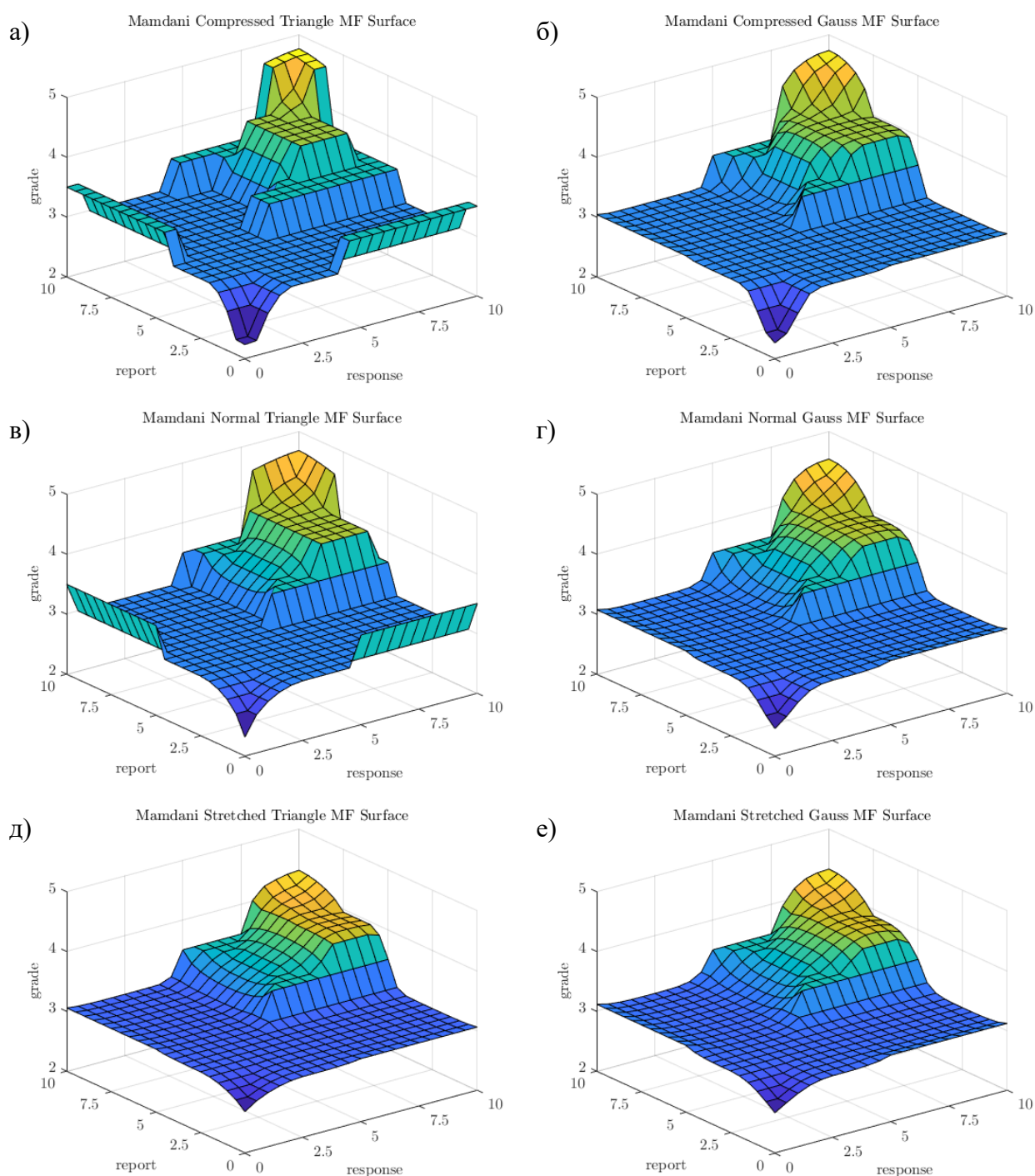


Рисунок 8 — Поверхности «входы – выход» систем нечёткого вывода с различными параметрами функций принадлежности термов входных и выходных переменных:

- а) — со «сжатыми» треугольными функциями на входах и на выходе, б) — со «сжатыми» гауссовыми функциями на входах и на выходе, в) — с «обычными» треугольными функциями на входах и на выходе, г) — с «обычными» гауссовыми функциями на входах и на выходе, д) — с «растянутыми» треугольными функциями на входах и на выходе, е) — с «растянутыми» гауссовыми функциями на входах и на выходе

Глядя на полученные поверхности, можно сделать вывод, что уменьшение размаха функций принадлежности приводит к уменьшению области действия того или иного правила нечётких продукций и, как следствие, выделению локальных особенностей на поверхности «входы – выход». В то же самое время функции принадлежности с большим размахом имеют большую способность к усреднению, увеличивая количество одновременно задействованных правил нечётких продукций.

Исследуем влияние весовых коэффициентов правил нечётких продукций на характер поверхности «входы – выходы». Для этого смоделируем более локальную к студенту систему, уменьшив на порядок вес правил нечётких продукций, отвечающих за получение оценки «удовлетворительно». Сравнение поверхностей соответствующих систем нечёткого вывода представлено на рисунке.

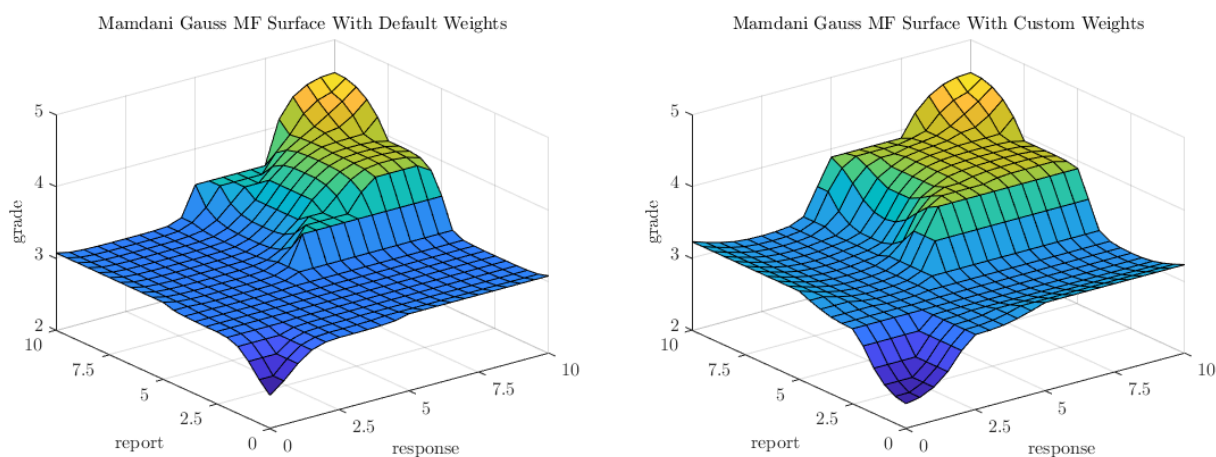


Рисунок 9 — Поверхности «входы – выход» систем нечёткого вывода с различными весовыми коэффициентами правил нечётких продукций:
а) — коэффициенты по умолчанию, б) — уменьшенные коэффициенты

Как видно из полученных поверхностей, изменение весовых коэффициентов позволяет скорректировать правила нечётких продукций, но для достижения видимого эффекта может потребоваться их значительное изменение (например, на порядок). Для качественного изменения системы нечёткого вывода и, как следствие, поверхности «входы – выход» необходим пересмотр базы правил нечётких продукций.

Вывод

Существует множество способов настройки работы уже созданной системы нечёткого вывода, например, изменение типа функций принадлежности термов входных и выходных переменных, корректировка их параметров или изменение весовых коэффициентов правил нечётких продукций. Каждый из указанных способов по-своему влияет на характер отношений между входами и выходами системы, позволяя нивелировать те или иные нежелательные эффекты. Однако ни один из этих приёмов не позволяет принципиально повлиять на результаты работы системы, не прибегая к изменению базы правил нечётких продукций, а значит, не даёт возможности заставить систему выдавать правильный результат с изначально неверными предпосылками, представленными в виде продукционных правил.

21:07

27 октября 2022 г.