МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ   
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

ИНСТИТУТ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

|  |
| --- |
| КАФЕДРА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ |

ОЦЕНКА

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| д-р техн. наук, профессор |  |  |  | С.И. Колесникова |
| должность, уч. степень, звание |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

|  |
| --- |
| ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 |
| Моделирование принятия решения в многокритериальной задаче выбора |
| по дисциплине: Компьютерное моделирование |

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СТУДЕНТ гр. № | Z1431 |  |  |  | М.Д. Быстров |
|  | номер группы |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |
| Студенческий билет № | 2021/3572 | |  |  |  |

Санкт-Петербург 2024

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель настоящей работы – знакомство с математическим аппаратом СППР для моделирования слабоструктурированных задач.

**ХОД РАБОТЫ**

Нужно произвести выбор секретаря референта из подавших резюме. Отбор претендентов происходит по трем критериям:

С1. Филологическое образование и знание предметной области.

С2. Знание английского языка.

С3. Знание компьютера.

Собеседование прошли три претендента: П1, П2, П3.

После собеседования получились следующие описания претендентов.

П1: отличное знание английского языка; нет навыков работы на компьютере, посредственное знание предметной области.

П2: незнание английского языка, нет навыков работы на компьютере, предметную область знает посредственно.

П3: очень хорошее знание предметной области и филологическое образование, хорошие навыки работы на компьютере, посредственное знание английского языка.

1) На основе метода AHP выбрать претендента, в зависимости от разных наборов «весов» критериев:

а) С1=0,4; С2=0,2; С3=0,3

б) С1=0,3; С2=0,3; С3=0,4

в) С1=0,2; С2=0,5; С3=0,3

2) На основе метода AHP+ выбрать претендента, в зависимости от разных наборов «весов» критериев, в зависимости от нового добавленного в группу претендента П4={знает делопроизводство, навыки работы на компьютере, слабое знание английского языка}.

Разработать программу, моделирующую принятие решение о выборе претендента в зависимости от «стоимости» критериев по двум методам.

1. На первом этапе реализованы алгоритмы МАИ и ММАИ в программной среде Matlab. Исходные коды реализаций представлены в Приложении 1.
2. На втором этапе проведено оценивание всех альтернатив (претендентов) для каждого критерия по шкале от 1 то 9 (Таблица 1). Во время выполнения программы расчета МПС (матрицы парных сравнений) составляются на основе выставленных оценок.

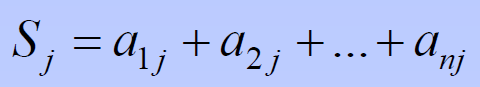
Таблица 1 Оценки альтернатив

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Критерий 1 | Критерий 2 | Критерий 3 |
| Претендент 1 | 3 | 9 | 1 |
| Претендент 2 | 3 | 1 | 1 |
| Претендент 3 | 9 | 5 | 7 |
| Претендент 4 | 5 | 3 | 7 |

1. Полученные значения использованы для задания входных данных алгоритмам МАИ и ММАИ. В результате комбинирования различных вариантов «весов» и расширения перечня альтернатив количество вариантов входных данных составило 9: 3 - для выбора претендента алгоритмом МАИ, 6 – для выбора алгоритмом ММАИ.

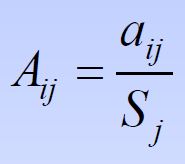
Для любой МПС весовой коэффициент рассчитывается следующим образом:

Находится сумма элементов каждого столбца.



Все элементы матрицы делятся на сумму

элементов соответствующего столбца:



Находим среднее значение для каждой строки, получившиеся значения образуют итоговый вектор коэффициентов:



Найденный вектор коэффициентов может быть использован для проверки МПС на согласованность по формуле:

,

где A – МПС, W – вектор коэффициентов, n – собственное число матрицы.

Для алгоритма МАИ расчет итогового вектора ВКА происходит по следующему алгоритму:

1. Каждый из элементов ВКА по критерию умножается на весовой коэффициент соответствующего критерия:

где n – кол-во критериев, k – кол-во альтернатив

1. Из получившихся векторов формируется итоговый ненормализованный вектор:
2. Получившийся вектор w подвергается нормировке (каждый элемент делится на сумму всех элементов).

Для алгоритма ММАИ элемент итоговой МПС W рассчитывается по формуле:

Где i – номер критерия, j – номер альтернативы, k – номер элемента в векторе (1,2), w’ – вектор коэффициентов критериев, w – итоговая МПС W.

Для алгоритма ММАИ расчет итогового вектора ВКА происходит по формуле , где w(i,j) – элементы итоговой матрицы парных сравнений W.

1.МАИ С1=0,4; С2=0,2; С3=0,3 П1, П2, П3

2. МАИ С1=0,3; С2=0,3; С3=0,4 П1, П2, П3

3. МАИ С1=0,2; С2=0,5; С3=0,3 П1, П2, П3

4. ММАИ С1=0,4; С2=0,2; С3=0,3 П1, П2, П3

5. ММАИ С1=0,3; С2=0,3; С3=0,4 П1, П2, П3

6 . ММАИ С1=0,2; С2=0,5; С3=0,3 П1, П2, П3

7 . ММАИ С1=0,4; С2=0,2; С3=0,3 П1, П2, П3, П4

8 . ММАИ С1=0,3; С2=0,3; С3=0,4 П1, П2, П3, П4

9 . ММАИ С1=0,2; С2=0,5; С3=0,3 П1, П2, П3, П4

Решение 1.

алгоритм

{'МАИ'}

веса критериев

0.4000 0.2000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.4444 0.2222 0.3333

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

ВК:

0.4444

0.2222

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

n \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.6000

оценки всех альтернатив:

0.2593 0.1407 0.6000

Решение 2.

алгоритм

{'МАИ'}

веса критериев

0.3000 0.3000 0.4000

МПС критериев:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.3000 0.3000 0.4000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

ВК:

0.3000

0.3000

0.4000

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

n \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.5911

оценки всех альтернатив:

0.2844 0.1244 0.5911

Решение 3.

алгоритм

{'МАИ'}

веса критериев

0.2000 0.5000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.2000 0.5000 0.3000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

ВК:

0.2000

0.5000

0.3000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

n \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.5200

оценки всех альтернатив:

0.3733 0.1067 0.5200

Решение 4.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.4000 0.2000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.4444 0.2222 0.3333

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

ВК:

0.4444

0.2222

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

n \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.589,0.411} {0.296,0.704}

{0.411,0.589} {0.500,0.500} {0.190,0.810}

{0.704,0.296} {0.810,0.190} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.4477

оценки всех альтернатив:

0.3077 0.2447 0.4477

Решение 5.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.3000 0.3000 0.4000

МПС критериев:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.3000 0.3000 0.4000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

ВК:

0.3000

0.3000

0.4000

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

n \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.620,0.380} {0.318,0.682}

{0.380,0.620} {0.500,0.500} {0.175,0.825}

{0.682,0.318} {0.825,0.175} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.4460

оценки всех альтернатив:

0.3195 0.2344 0.4460

Решение 6.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.2000 0.5000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.2000 0.5000 0.3000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

ВК:

0.2000

0.5000

0.3000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

n \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333

1.0000 1.0000 0.3333

3.0000 3.0000 1.0000

ВК:

0.2000

0.2000

0.6000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000

0.1111 1.0000 0.2000

0.5556 5.0000 1.0000

ВК:

0.6000

0.0667

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

n \* W =

1.8000

0.2000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000

ВК:

0.1111

0.1111

0.7778

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

n \* W =

0.3333

0.3333

2.3333

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.700,0.300} {0.409,0.591}

{0.300,0.700} {0.500,0.500} {0.171,0.829}

{0.591,0.409} {0.829,0.171} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.4267

оценки всех альтернатив:

0.3575 0.2157 0.4267

Решение 7.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.4000 0.2000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.4444 0.2222 0.3333

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 2.0000 1.3333

0.5000 1.0000 0.6667

0.7500 1.5000 1.0000

ВК:

0.4444

0.2222

0.3333

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

n \* W =

1.3333

0.6667

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

3.0000 3.0000 1.0000 1.8000

1.6667 1.6667 0.5556 1.0000

ВК:

0.1500

0.1500

0.4500

0.2500

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000 3.0000

0.1111 1.0000 0.2000 0.3333

0.5556 5.0000 1.0000 1.6667

0.3333 3.0000 0.6000 1.0000

ВК:

0.5000

0.0556

0.2778

0.1667

Максимальное собственное значение (n):

4

A \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

n \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

ВК:

0.0625

0.0625

0.4375

0.4375

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

n \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500} {0.643,0.357}

{0.625,0.375} {0.625,0.375} {0.357,0.643} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357} {0.750,0.250}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833} {0.250,0.750}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500} {0.625,0.375}

{0.250,0.750} {0.750,0.250} {0.375,0.625} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.589,0.411} {0.296,0.704} {0.375,0.625}

{0.411,0.589} {0.500,0.500} {0.190,0.810} {0.264,0.736}

{0.704,0.296} {0.810,0.190} {0.500,0.500} {0.591,0.409}

{0.625,0.375} {0.736,0.264} {0.409,0.591} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.3257

оценки всех альтернатив:

0.2199 0.1706 0.3257 0.2837

Решение 8.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.3000 0.3000 0.4000

МПС критериев:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.3000 0.3000 0.4000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 1.0000 0.7500

1.0000 1.0000 0.7500

1.3333 1.3333 1.0000

ВК:

0.3000

0.3000

0.4000

Максимальное собственное значение (n):

3

A \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

n \* W =

0.9000

0.9000

1.2000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

3.0000 3.0000 1.0000 1.8000

1.6667 1.6667 0.5556 1.0000

ВК:

0.1500

0.1500

0.4500

0.2500

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000 3.0000

0.1111 1.0000 0.2000 0.3333

0.5556 5.0000 1.0000 1.6667

0.3333 3.0000 0.6000 1.0000

ВК:

0.5000

0.0556

0.2778

0.1667

Максимальное собственное значение (n):

4

A \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

n \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

ВК:

0.0625

0.0625

0.4375

0.4375

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

n \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500} {0.643,0.357}

{0.625,0.375} {0.625,0.375} {0.357,0.643} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357} {0.750,0.250}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833} {0.250,0.750}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500} {0.625,0.375}

{0.250,0.750} {0.750,0.250} {0.375,0.625} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.620,0.380} {0.318,0.682} {0.388,0.613}

{0.380,0.620} {0.500,0.500} {0.175,0.825} {0.237,0.762}

{0.682,0.318} {0.825,0.175} {0.500,0.500} {0.580,0.420}

{0.613,0.388} {0.762,0.237} {0.420,0.580} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.3234

оценки всех альтернатив:

0.2282 0.1616 0.3234 0.2868

Решение 9.

алгоритм

{'ММАИ'}

веса критериев

0.2000 0.5000 0.3000

МПС критериев:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

Весовой коэффициент критериев:

0.2000 0.5000 0.3000

Проверка МПС критериев на согласованность

МПС:

1.0000 0.4000 0.6667

2.5000 1.0000 1.6667

1.5000 0.6000 1.0000

ВК:

0.2000

0.5000

0.3000

Максимальное собственное значение (n):

3.0000

A \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

n \* W =

0.6000

1.5000

0.9000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 1 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

1.0000 1.0000 0.3333 0.6000

3.0000 3.0000 1.0000 1.8000

1.6667 1.6667 0.5556 1.0000

ВК:

0.1500

0.1500

0.4500

0.2500

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

n \* W =

0.6000

0.6000

1.8000

1.0000

МПС согласована

Проверка МПС критерия 2 на согласованность:

МПС:

1.0000 9.0000 1.8000 3.0000

0.1111 1.0000 0.2000 0.3333

0.5556 5.0000 1.0000 1.6667

0.3333 3.0000 0.6000 1.0000

ВК:

0.5000

0.0556

0.2778

0.1667

Максимальное собственное значение (n):

4

A \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

n \* W =

2.0000

0.2222

1.1111

0.6667

МПС согласована

Проверка МПС критерия 3 на согласованность:

МПС:

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

1.0000 1.0000 0.1429 0.1429

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

7.0000 7.0000 1.0000 1.0000

ВК:

0.0625

0.0625

0.4375

0.4375

Максимальное собственное значение (n):

4.0000

A \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

n \* W =

0.2500

0.2500

1.7500

1.7500

МПС согласована

AHP+: b-матрица для критерия 1:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.250,0.750} {0.375,0.625}

{0.750,0.250} {0.750,0.250} {0.500,0.500} {0.643,0.357}

{0.625,0.375} {0.625,0.375} {0.357,0.643} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 2:

{0.500,0.500} {0.900,0.100} {0.643,0.357} {0.750,0.250}

{0.100,0.900} {0.500,0.500} {0.167,0.833} {0.250,0.750}

{0.357,0.643} {0.833,0.167} {0.500,0.500} {0.625,0.375}

{0.250,0.750} {0.750,0.250} {0.375,0.625} {0.500,0.500}

AHP+: b-матрица для критерия 3:

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.500,0.500} {0.500,0.500} {0.125,0.875} {0.125,0.875}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

{0.875,0.125} {0.875,0.125} {0.500,0.500} {0.500,0.500}

AHP+: итоговая W-матрица:

{0.500,0.500} {0.700,0.300} {0.409,0.591} {0.487,0.512}

{0.300,0.700} {0.500,0.500} {0.171,0.829} {0.237,0.762}

{0.591,0.409} {0.829,0.171} {0.500,0.500} {0.591,0.409}

{0.512,0.487} {0.762,0.237} {0.409,0.591} {0.500,0.500}

наилучшая альтернатива:

3

результат:

0.3139

оценки всех альтернатив:

0.2621 0.1510 0.3139 0.2730

>>

**ВЫВОДЫ**

В ходе выполнения первой лабораторной работы №1 была написана программа, позволяющая решать слабоструктурированные задачи выбора с помощью метода анализа иерархий (МАИ), а также с помощью его модифицированной версии (ММАИ). Программа написана в среде MATLAB (R2023b).

Решен вариант слабоструктурированной задачи с использованием разных методов, «весов» критериев, набора альтернатив. В итоговых оценках альтернатив видна разница при использовании одинаковых входных данных для разных вариантов алгоритмов. При выполнении работы оба варианта алгоритма всегда выбирали одну и ту же альтернативу, однако разница в оценивании видна при рассмотрении наборов итоговых оценок альтернатив.

Приложение 1 Исходный код программы

1. ./ahp.m

**function** [solution, score, alternativeScores] = **ahp**(criteriaWeights, pairComparisonMatrix)

% analytic hierarchy process

% criteriaWeights: array of the criterias' weights -> array[criteriaNum] =

% criteria weight

% pairComparisonMatrix: matrix[criteria, alternative, alternative] = rate

% returns - number of selected alternative, score, result score vector

% get numbers of criterias and alternatives

criteriaNum = size(criteriaWeights, 2);

alternativeNum = size(pairComparisonMatrix, 2);

% array[criteria] = array[alternativeNum] = counted weight (rows - w^i)

criteriaAlternativeWeightVectorArray = zeros(criteriaNum, alternativeNum);

% normalize weights vector

criteriaWeights = criteriaWeights / sum(criteriaWeights);

bufPairComparisonMatrix = pairComparisonMatrix;

% iterate on criterias

**for** criteria = 1:criteriaNum

% matrix normalization

**for** alternative = 1:alternativeNum

s = sum(pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative));

normalizedColumn = pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative) / s;

pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative) = normalizedColumn;

**end**

%find score by criteria for alternatives

**for** alternative = 1:alternativeNum

alternativeVector = pairComparisonMatrix(criteria, alternative, :);

score = mean(alternativeVector);

criteriaAlternativeWeightVectorArray(criteria, alternative) = score;

**end**

mps = permute(bufPairComparisonMatrix(criteria, :, :), [2, 3, 1]);

vka = criteriaAlternativeWeightVectorArray(criteria, 1:alternativeNum);

fprintf('Проверка МПС критерия %d на согласованность:\n\n', criteria);

% check mps consistency

printMpsConsistencyCheck(mps, vka);

criteriaWeight = criteriaWeights(criteria);

criteriaAlternativeWeightVectorArray(criteria, 1:alternativeNum) = ...

criteriaAlternativeWeightVectorArray(criteria, 1:alternativeNum) \* criteriaWeight;

% weightedCriteria = score \* criteriaWeight;

**end**

alternativeScores = zeros(1, alternativeNum);

**for** alternative = 1:alternativeNum

alternativeScores(alternative) = sum(criteriaAlternativeWeightVectorArray( ...

1:criteriaNum, ...

alternative));

**end**

%disp(alternativeScores);

[score, solution] = max(alternativeScores);

**end**

2. ./ahpPlus.m

**function** [solution, score, alternativeScores] = **ahpPlus**(criteriaWeights, pairComparisonMatrix)

% analytic hierarchy process - modified

% criteriaWeights: array of the criterias' weights -> array[criteriaNum] =

% criteria weight

% pairComparisonMatrix: matrix[criteria, alternative, alternative] = rate

% returns - number of selected alternative, score, result score vector

% get numbers of criterias and alternatives

criteriaNum = size(criteriaWeights, 2);

alternativeNum = size(pairComparisonMatrix, 2);

% array[criteria] = array[alternativeNum] = counted weight (rows - w^i)

criteriaAlternativeScoreMatrix = zeros(criteriaNum, alternativeNum);

% normalize weights vector

criteriaWeights = criteriaWeights / sum(criteriaWeights);

bufPairComparisonMatrix = pairComparisonMatrix;

% STAGE 1 - iterate on criterias and calculate alternative rates

**for** criteria = 1:criteriaNum

% matrix normalization

**for** alternative = 1:alternativeNum

s = sum(pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative));

pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative) = ...

pairComparisonMatrix(criteria, 1:alternativeNum, alternative) / s;

**end**

%find score by criteria for alternatives

**for** alternative = 1:alternativeNum

alternativeVector = pairComparisonMatrix(criteria, alternative, :);

score = mean(alternativeVector);

criteriaAlternativeScoreMatrix(criteria, alternative) = score;

**end**

mps = permute(bufPairComparisonMatrix(criteria, :, :), [2, 3, 1]);

vka = criteriaAlternativeScoreMatrix(criteria, 1:alternativeNum);

fprintf('Проверка МПС критерия %d на согласованность:\n\n', criteria);

% check mps consistency

printMpsConsistencyCheck(mps, vka);

**end**

% STAGE 2 - create b-matrixes for criterias

criteriaBMatrixes = containers.Map('KeyType','int32','ValueType','any');

**for** criteria = 1:criteriaNum

bMatrix = zeros(alternativeNum, alternativeNum, 2);

**for** alternative1 = 1:alternativeNum

**for** alternative2 = 1:alternativeNum

score1 = criteriaAlternativeScoreMatrix(criteria, alternative1);

score2 = criteriaAlternativeScoreMatrix(criteria, alternative2);

s = score1 + score2;

normScore1 = score1 / s;

normScore2 = score2 / s;

bMatrix(alternative1, alternative2, 1) = normScore1;

bMatrix(alternative1, alternative2, 2) = normScore2;

**end**

**end**

criteriaBMatrixes(criteria) = bMatrix;

fprintf('AHP+: b-матрица для критерия %d, измерение 1\n', criteria);

disp(bMatrix(:, :, 1));

fprintf('AHP+: b-матрица для критерия %d, измерение 2\n', criteria);

disp(bMatrix(:, :, 2));

**end**

% STAGE 3 - create common W-matrix

wMatrix = zeros(alternativeNum, alternativeNum, 2);

**for** alternative1 = 1:alternativeNum

**for** alternative2 = 1:alternativeNum

sum1 = 0;

sum2 = 0;

**for** criteria = 1:criteriaNum

bMatrix = criteriaBMatrixes(criteria);

alternateScore1 = bMatrix(alternative1, alternative2, 1);

alternateScore2 = bMatrix(alternative1, alternative2, 2);

criteriaWeight = criteriaWeights(criteria);

sum1 = sum1 + criteriaWeight \* alternateScore1;

sum2 = sum2 + criteriaWeight \* alternateScore2;

**end**

wMatrix(alternative1, alternative2, 1) = sum1;

wMatrix(alternative1, alternative2, 2) = sum2;

**end**

**end**

disp('AHP+: итоговая W-матрица (измерение 1)');

disp(wMatrix(:, :, 1));

disp('AHP+: итоговая W-матрица (измерение 2)');

disp(wMatrix(:, :, 2));

% STAGE 4 - count global alternative scores

alternativeScores = zeros(1, alternativeNum);

scoreSum = 0;

**for** alternative1 = 1:alternativeNum

s = 0;

**for** alternative2 = 1:alternativeNum

s = s + wMatrix(alternative1, alternative2, 1);

**end**

alternativeScores(alternative1) = s;

scoreSum = scoreSum + s;

**end**

alternativeScores = alternativeScores / scoreSum;

[score, solution] = max(alternativeScores);

**end**

4. ./buildPairComparisonMatrix.m

**function** [pairComparisonMatrix] = **buildPairComparisonMatrix**(alternativeCriteriaRates)

%create pair-comparison matrix from alternative-criteria matrix rates

criteriaNum = size(alternativeCriteriaRates, 2);

alternativeNum = size(alternativeCriteriaRates, 1);

pairComparisonMatrix = zeros(criteriaNum, alternativeNum, alternativeNum);

% fill the pair comparison matrix

**for** criteria = 1:criteriaNum

**for** alternative1 = 1:alternativeNum

**for** alternative2 = 1:alternativeNum

% get alternatives' rates on current criteria

rate1 = alternativeCriteriaRates(alternative1, criteria);

rate2 = alternativeCriteriaRates(alternative2, criteria);

rate = rate1 / rate2;

pairComparisonMatrix(criteria, alternative1, alternative2) = rate;

**end**

**end**

**end**

**end**

5. ./lab1.m

% "веса" критериев

criteriasWeights = [

0.4, 0.2, 0.3;

0.3, 0.3, 0.4;

0.2, 0.5, 0.3];

% оценки по 3-м критериям каждой альтернативы

alternativeCriteriaRates = [

3,9,1;

3,1,1;

9,5,7;

5,3,7];

% МПС альтернатив по критериям

criteriaMps = containers.Map('KeyType','int32','ValueType','any');

mpsMatrix = buildPairComparisonMatrix(alternativeCriteriaRates);

**for** criteria = 1:size(mpsMatrix, 1)

criteriaMps(criteria) = permute(mpsMatrix(criteria, :, :), [2,3,1]);

**end**

% расчет решений

disp('Решение 1.'); compare(1, criteriaMps, criteriasWeights(1, :), 3);

disp('Решение 2.'); compare(1, criteriaMps, criteriasWeights(2, :), 3);

disp('Решение 3.'); compare(1, criteriaMps, criteriasWeights(3, :), 3);

disp('Решение 4.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(1, :), 3);

disp('Решение 5.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(2, :), 3);

disp('Решение 6.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(3, :), 3);

disp('Решение 7.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(1, :), 4);

disp('Решение 8.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(2, :), 4);

disp('Решение 9.'); compare(2, criteriaMps, criteriasWeights(3, :), 4);

**function** [result] = **compare**(alg, criteriaMps, criteriaWeights, alternativeNum)

% выполнить поиск наилучшей альтернативы

% alg - используемый алгоритм - 1 - МАИ, 2 - ММАИ

% criteriaMps - containers.Map (№ критерия -> МПС[№ альтернативы, № альтернативы])

% criteriaWeights - веса критериев

% alternateNum - кол-во альтернатив

criteriaNum = size(criteriaWeights, 2);

pairComparisonMatrix = zeros(criteriaNum, alternativeNum, alternativeNum);

% заполнение трехмерной матрицы МПС [критерий - альтернатива - альтернатива]

% -> оценка

**for** criteria = 1:criteriaNum

mps = criteriaMps(criteria);

mps = mps(1:alternativeNum, 1:alternativeNum);

pairComparisonMatrix(criteria, :, :) = mps;

**end**

algs = {'МАИ', 'ММАИ'};

% вывод результатов

disp('алгоритм');

disp(algs(alg));

disp('веса критериев');

disp(criteriaWeights);

disp('МПС критериев');

**for** criteria = 1:criteriaNum

disp(criteria);

disp(permute(pairComparisonMatrix(criteria, :, :), [2,3,1]));

**end**

% запуск работы алгоритма

**switch** (alg)

**case** 1

[solution, score, scores] = ahp(criteriaWeights, pairComparisonMatrix);

**case** 2

[solution, score, scores] = ahpPlus(criteriaWeights, pairComparisonMatrix);

**otherwise**

error('wrong algorithm number');

**end**

disp('наилучшая альтернатива:');

disp(solution);

disp('результат:');

disp(score);

disp('оценки всех альтернатив:');

disp(scores);

result = solution;

**end**

6. ./printMpsConsistencyCheck.m

**function** [result] = **printMpsConsistencyCheck**(mps, w)

%Ensure that provided pair comparison matrix is valid and print result

% mps - matrix

% w - normalized

rows = size(mps, 1);

cols = size(mps, 2);

**if** (rows ~= cols)

error('mps size is not valid');

**end**

% максимальное собственное значение матрицы

eigenValue = max(eig(mps));

% вектор-столбец ВКА

w = transpose(w);

disp('МПС (A):');

disp(mps);

disp('ВКА (W):');

disp(w);

disp('Максимальное собственное значение (n):');

disp(eigenValue);

checkEigenVector1 = mps \* w;

checkEigenVector2 = w \* eigenValue;

% с точностью до 4х - знаков - против арифметики с плавающей запятой

checkEigenVector1 = round(checkEigenVector1, 4);

checkEigenVector2 = round(checkEigenVector2, 4);

disp('A \* W =');

disp(checkEigenVector1);

disp('n \* W =');

disp(checkEigenVector2);

**if** (checkEigenVector1 == checkEigenVector2)

disp('МПС согласована');

result = 1;

**else**

error('МПС не согласована');

result = 0;

**end**

**end**