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, доц. |  |  |  | С. И. Колесникова |
| должность, уч. степень, звание |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |

|  |
| --- |
| ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ |
| Математический аппарат баз знаний и СППР. Модификация метода AHP в системах поддержки принятия решений. |
| по дисциплине: Компьютерное моделирование |

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛА

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| СТУДЕНТКА ГР. № | Z9431 |  |  |  | О. И. Лысенко |
|  | номер группы |  | подпись, дата |  | инициалы, фамилия |
| Студенческий билет № | 2019/3625 | |  |  |  |

Санкт-Петербург 2022

**Цель работы**

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

**Ход работы**

1. Ознакомиться со справочными сведениями с целью решения задачи выбора «наилучшего» варианта по нескольким критериям их оценивания.

2. Разработать алгоритм моделирования метода AHP и AHP+. Пояснить разницу между этими подходами на примерах.

3. Разработать программу, моделирующую алгоритм поиска «лучшего» решения слабоструктурированной задачи, сформулированной в перечне задач.

4. Составить и представить преподавателю отчет о работе.

**Исходные данные**

Вариант 13

Мебельный цех

Для решения проблемы выбора мебельного цеха были отобраны шесть альтернатив (варианты мебельных цехов):

Ц1: быстро собирают из готовых частей, относительно дешево, плохое качество материалов, малый ассортимент

Ц2: собирают из готовых частей, привозимых на заказ, средняя цена, плохое качество материалов, средний ассортимент

Ц3: долгие строки (более 2-х недель), дорогая мебель, отличное качество материалов, широкий ассортимент

Каждая альтернатива (мебельный цех) оценивается по совокупности критериев:

С1. Срок производства.

С2. Стоимость мебели.

С3. Качество материалов.

С4. Широта ассортимента.

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

а) С1=7; С2=5; С3=8; С4=6

б) С1=3; С2=3; С3=7; С4=7

в) С1=4; С2=5; С3=8, С4=3

2) На основе метода AHP+ выбрать претендента, в зависимости от разных наборов «весов» критериев, в зависимости от нового добавленного в группу претендента Ц4={средние строки (макс. 2 недели), дорогая мебель, превосходное качество материалов, средний ассортимент}. Разработать программу, моделирующую принятие решение о выборе претендента в зависимости от «стоимости» критериев по двум методам.

**Выполнение работы**

1) Алгоритм программы МАИ:

import numpy as np

def geo\_mean(a):

    return a.prod()\*\*(1.0/len(a))

def calc\_normalize\_vector\_and\_sum(mps):

  size = len(mps)-1

  # нормализованный результат = ср. геом. по критерию / сумму ср. геом. по всем критериям

  mps[:size,size+1] = np.array(mps[:size,size]) / np.sum(mps[:size,size])

  mps[size, size+1] = np.sum(mps[:,size+1])

def print\_mps(mps, header, alias):

    print(header);

    size = len(mps)-1

    for i in range(len(mps)):

      if i < size:

        print(alias + str(i+1) + ' ', end = '')

      else:

        print('S  ', end = '')

      for j in range(len(mps[i])):

        if j < size:

          print("{:^8.3f}".format(mps[i][j]), end = '|')

        elif (j == size):

          print("{:^11.3f}".format(mps[i][j]), end='|')

        else:

          print("{:^12.3f}".format(mps[i][j]), end='|')

      print()

def calc\_lamda(mps):

  return np.sum(mps[len(mps)-1][:-2] \* mps[:,len(mps[0])-1][:-1])

def calc\_priorities(priority\_c, local\_w):

  w = np.zeros(len(local\_w[0]))

  for i in range(len(local\_w[0])):

    w[i] = np.sum(priority\_c\*local\_w[:,i])

  return w

def check\_input\_values(c, ca):

  if (len(c) != len(ca)):

    raise NameError('Неверная размерность матриц')

def print\_input\_values(c, ca):

  count\_c = len(c)

  count\_a = len(ca[0])

  print('Оценки критериев: ', end = '')

  for i in range(count\_c):

    print('C' + str(i+1) + '=' + str(c[i]) + ' ', end = '')

  print('\n')

  print('Оценки альтернатив по критериям:')

  print('   ', end='')

  for i in range(count\_a):

    print(' A'+str(i+1)+' |', end='');

  print()

  for i in range(count\_c):

    print('C' + str(i+1) + ' ', end = '')

    for j in range(count\_a):

      print(' ' + str(ca[i][j]) + '  ', end = '|')

    print()

  print()

def get\_criteria\_priorty(c):

  count\_c = len(c)

  count\_a = len(ca[0])

  mps\_c = np.zeros((count\_c+1,count\_c+2)) #Матрица парных сравнений для критериальных оценок с расчетом ср. геом.

  for i in range(len(mps\_c)):

    for j in range(len(mps\_c[i])):

      if (i == count\_c):

        mps\_c[i][j] = np.sum(mps\_c[:,j])

      elif j < count\_c:

        mps\_c[i][j] = c[i]/c[j]

      elif (j == count\_c):

        mps\_c[i][j] = geo\_mean(mps\_c[i][:count\_c])

  calc\_normalize\_vector\_and\_sum(mps\_c)

  print('Матрица парных сравнений для критериальных оценок:')

  print\_mps(mps\_c, '      C1   |   C2   |   C3   |   C4   | Собств.в. |  Норм.в.п. |', 'C')

  print('Максимальное собственное число матрицы: '+"{:.3f}".format(calc\_lamda(mps\_c))+'\n')

  return mps\_c[:count\_c, len(mps\_c)]

def get\_local\_w(c, ca):

  count\_c = len(c)

  count\_a = len(ca[0])

  #локальные приоритеты альтернатив по критериям

  local\_w = np.zeros((count\_c, count\_a))

  for ci in range(count\_c):

    mps\_ac = np.zeros((count\_a+1, count\_a+2))

    for i in range(len(mps\_ac)):

      for j in range(len(mps\_ac[i])):

        if (i == count\_a):

          mps\_ac[i][j] = np.sum(mps\_ac[:,j])

        elif j < count\_a:

          mps\_ac[i][j] = ca[ci][i] / ca[ci][j]

        elif (j == count\_a):

          mps\_ac[i][j] = geo\_mean(mps\_ac[i][:count\_a])

    calc\_normalize\_vector\_and\_sum(mps\_ac)

    local\_w[ci] = mps\_ac[:count\_a, len(mps\_ac)]

    print('Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С'+str(ci+1)+':')

    print\_mps(mps\_ac, '      A1   |   A2   |   A3   | Собств.в. |  Норм.в.п. |', 'A')

    print('Максимальное собственное число матрицы: '+"{:.3f}".format(calc\_lamda(mps\_ac))+'\n')

  return local\_w

def mai(c, ca):

  check\_input\_values(c, ca)

  print\_input\_values(c, ca)

  priority\_c =  get\_criteria\_priorty(c)

  local\_w = get\_local\_w(c, ca)

  print('Расчет 𝜔 – весовых коэффициентов альтернатив по каждому из критериев (глобальных приоритетов)')

  w = calc\_priorities(priority\_c, local\_w)

  for i in range(len(w)):

    print('𝜔(A'+str(i+1)+')='+"{:.3f}".format(w[i]))

  print('\nИтоговое решение: A'+str(np.argmax(w)+1))

Оценки альтернатив по критериям:

ca = [[8, 7, 5], [8, 5, 3], [3, 3, 8], [3, 5, 8]]

а) С1=7; С2=5; С3=8; С4=6

c = [7, 5, 8, 6]

mai(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=7 C2=5 C3=8 C4=6

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 1.400 | 0.875 | 1.167 | 1.093 | 0.269 |

C2 0.714 | 1.000 | 0.625 | 0.833 | 0.781 | 0.192 |

C3 1.143 | 1.600 | 1.000 | 1.333 | 1.250 | 0.308 |

C4 0.857 | 1.200 | 0.750 | 1.000 | 0.937 | 0.231 |

S 3.714 | 5.200 | 3.250 | 4.333 | 4.061 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Расчет 𝜔 – весовых коэффициентов альтернатив по каждому из критериев (глобальных приоритетов)

𝜔(A1)=0.313

𝜔(A2)=0.292

𝜔(A3)=0.395

Итоговое решение: A3

б) С1=3; С2=3; С3=7; С4=7

c = [3, 3, 7, 7]

mai(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=3 C2=3 C3=7 C4=7

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 1.000 | 0.429 | 0.429 | 0.655 | 0.150 |

C2 1.000 | 1.000 | 0.429 | 0.429 | 0.655 | 0.150 |

C3 2.333 | 2.333 | 1.000 | 1.000 | 1.528 | 0.350 |

C4 2.333 | 2.333 | 1.000 | 1.000 | 1.528 | 0.350 |

S 6.667 | 6.667 | 2.857 | 2.857 | 4.364 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Расчет 𝜔 – весовых коэффициентов альтернатив по каждому из критериев (глобальных приоритетов)

𝜔(A1)=0.276

𝜔(A2)=0.284

𝜔(A3)=0.441

Итоговое решение: A3

в) С1=4; С2=5; С3=8, С4=3

c = [4, 5, 8, 3]

mai(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=4 C2=5 C3=8 C4=3

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 0.800 | 0.500 | 1.333 | 0.855 | 0.200 |

C2 1.250 | 1.000 | 0.625 | 1.667 | 1.068 | 0.250 |

C3 2.000 | 1.600 | 1.000 | 2.667 | 1.709 | 0.400 |

C4 0.750 | 0.600 | 0.375 | 1.000 | 0.641 | 0.150 |

S 5.000 | 4.000 | 2.500 | 6.667 | 4.273 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Расчет 𝜔 – весовых коэффициентов альтернатив по каждому из критериев (глобальных приоритетов)

𝜔(A1)=0.319

𝜔(A2)=0.281

𝜔(A3)=0.400

Итоговое решение: A3

2) Алгоритм программы МАИ+

def print\_vector\_mps(mps):

  for i in range(len(mps)):

    for j in range(len(mps[i])):

      if (j % 2 == 0):

        print('('+"{:>6.3f}".format(mps[i][j])+',', end = '')

      else:

        print("{:>6.3f}".format(mps[i][j])+' ) ', end = '')

    print()

def mai\_plus(c, ca):

  check\_input\_values(c, ca)

  print\_input\_values(c, ca)

  priority\_c =  get\_criteria\_priorty(c)

  local\_w = get\_local\_w(c, ca)

  count\_c = len(c)

  count\_a = len(ca[0])

  mps = np.zeros(shape=(count\_c, count\_a, count\_a\*2))

  for ci in range(count\_c):

    print('Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С'+str(ci+1)+':')

    mps\_local = np.zeros((count\_a, count\_a\*2))

    for i in range(len(mps\_local)):

      for j in range(len(mps\_local[i])):

        if j % 2 == 0:

          mps\_local[i][j] = local\_w[ci][i]

        else:

          mps\_local[i][j] = local\_w[ci][int((j+1)/2 - 1)]

    print\_vector\_mps(mps\_local)

    print('Нормализованная матрица:')

    for i in range(len(mps\_local)):

      for j in range(0, len(mps\_local[i]), 2):

        first = mps\_local[i][j] / (mps\_local[i][j] + mps\_local[i][j+1])

        second = mps\_local[i][j+1] / (mps\_local[i][j] + mps\_local[i][j+1])

        mps\_local[i][j] = first

        mps\_local[i][j+1] = second

    print\_vector\_mps(mps\_local)

    mps[ci] = mps\_local

    print()

  print('Обобщенная матрица:')

  common = np.zeros((count\_a, count\_a\*2))

  for i in range(len(common)):

      for j in range(len(common[i])):

        sum = 0

        for k in range(count\_c):

          sum += (mps[k][i][j] \* priority\_c[k])

        common[i][j] = sum

  print\_vector\_mps(common)

  print('\nГлобальные значения весовых коэффициентов альтернатив:')

  v = np.zeros(count\_a)

  for i in range(len(v)):

    #сумма элементов строки i с четным индексом

    v[i] = np.sum(common[i][np.ix\_(\*[range(0,i,2) for i in common[i].shape])])

  #нормализациия

  sum = np.sum(v)

  v = v/sum

  for i in range(len(v)):

    print('A'+str(i+1)+'='+"{:.3f}".format(v[i]))

  print('\nИтоговое решение: A'+str(np.argmax(v)+1))

а) С1=7; С2=5; С3=8; С4=6

c = [7, 5, 8, 6]

mai\_plus(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=7 C2=5 C3=8 C4=6

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 1.400 | 0.875 | 1.167 | 1.093 | 0.269 |

C2 0.714 | 1.000 | 0.625 | 0.833 | 0.781 | 0.192 |

C3 1.143 | 1.600 | 1.000 | 1.333 | 1.250 | 0.308 |

C4 0.857 | 1.200 | 0.750 | 1.000 | 0.937 | 0.231 |

S 3.714 | 5.200 | 3.250 | 4.333 | 4.061 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С1:

( 0.400, 0.400 ) ( 0.400, 0.350 ) ( 0.400, 0.250 )

( 0.350, 0.400 ) ( 0.350, 0.350 ) ( 0.350, 0.250 )

( 0.250, 0.400 ) ( 0.250, 0.350 ) ( 0.250, 0.250 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.533, 0.467 ) ( 0.615, 0.385 )

( 0.467, 0.533 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.583, 0.417 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.417, 0.583 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С2:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.313 ) ( 0.500, 0.188 )

( 0.313, 0.500 ) ( 0.313, 0.313 ) ( 0.313, 0.188 )

( 0.188, 0.500 ) ( 0.188, 0.313 ) ( 0.188, 0.188 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.727, 0.273 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.625, 0.375 )

( 0.273, 0.727 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С3:

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.571 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.727, 0.273 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С4:

( 0.188, 0.188 ) ( 0.188, 0.312 ) ( 0.188, 0.500 )

( 0.312, 0.188 ) ( 0.312, 0.312 ) ( 0.312, 0.500 )

( 0.500, 0.188 ) ( 0.500, 0.312 ) ( 0.500, 0.500 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.625, 0.375 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.385, 0.615 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.500, 0.500 )

Обобщенная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.502, 0.498 ) ( 0.452, 0.548 )

( 0.498, 0.502 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.450, 0.550 )

( 0.548, 0.452 ) ( 0.550, 0.450 ) ( 0.500, 0.500 )

Глобальные значения весовых коэффициентов альтернатив:

A1=0.323

A2=0.322

A3=0.355

Итоговое решение: A3

б) С1=3; С2=3; С3=7; С4=7

c = [3, 3, 7, 7]

mai\_plus(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=3 C2=3 C3=7 C4=7

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 1.000 | 0.429 | 0.429 | 0.655 | 0.150 |

C2 1.000 | 1.000 | 0.429 | 0.429 | 0.655 | 0.150 |

C3 2.333 | 2.333 | 1.000 | 1.000 | 1.528 | 0.350 |

C4 2.333 | 2.333 | 1.000 | 1.000 | 1.528 | 0.350 |

S 6.667 | 6.667 | 2.857 | 2.857 | 4.364 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С1:

( 0.400, 0.400 ) ( 0.400, 0.350 ) ( 0.400, 0.250 )

( 0.350, 0.400 ) ( 0.350, 0.350 ) ( 0.350, 0.250 )

( 0.250, 0.400 ) ( 0.250, 0.350 ) ( 0.250, 0.250 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.533, 0.467 ) ( 0.615, 0.385 )

( 0.467, 0.533 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.583, 0.417 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.417, 0.583 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С2:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.313 ) ( 0.500, 0.188 )

( 0.313, 0.500 ) ( 0.313, 0.313 ) ( 0.313, 0.188 )

( 0.188, 0.500 ) ( 0.188, 0.313 ) ( 0.188, 0.188 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.727, 0.273 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.625, 0.375 )

( 0.273, 0.727 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С3:

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.571 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.727, 0.273 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С4:

( 0.188, 0.188 ) ( 0.188, 0.312 ) ( 0.188, 0.500 )

( 0.312, 0.188 ) ( 0.312, 0.312 ) ( 0.312, 0.500 )

( 0.500, 0.188 ) ( 0.500, 0.312 ) ( 0.500, 0.500 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.625, 0.375 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.385, 0.615 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.500, 0.500 )

Обобщенная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.479, 0.521 ) ( 0.392, 0.608 )

( 0.521, 0.479 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.411, 0.589 )

( 0.608, 0.392 ) ( 0.589, 0.411 ) ( 0.500, 0.500 )

Глобальные значения весовых коэффициентов альтернатив:

A1=0.305

A2=0.318

A3=0.377

Итоговое решение: A3

в) С1=4; С2=5; С3=8, С4=3

c = [4, 5, 8, 3]

mai\_plus(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=4 C2=5 C3=8 C4=3

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 0.800 | 0.500 | 1.333 | 0.855 | 0.200 |

C2 1.250 | 1.000 | 0.625 | 1.667 | 1.068 | 0.250 |

C3 2.000 | 1.600 | 1.000 | 2.667 | 1.709 | 0.400 |

C4 0.750 | 0.600 | 0.375 | 1.000 | 0.641 | 0.150 |

S 5.000 | 4.000 | 2.500 | 6.667 | 4.273 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С1:

( 0.400, 0.400 ) ( 0.400, 0.350 ) ( 0.400, 0.250 )

( 0.350, 0.400 ) ( 0.350, 0.350 ) ( 0.350, 0.250 )

( 0.250, 0.400 ) ( 0.250, 0.350 ) ( 0.250, 0.250 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.533, 0.467 ) ( 0.615, 0.385 )

( 0.467, 0.533 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.583, 0.417 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.417, 0.583 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С2:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.313 ) ( 0.500, 0.188 )

( 0.313, 0.500 ) ( 0.313, 0.313 ) ( 0.313, 0.188 )

( 0.188, 0.500 ) ( 0.188, 0.313 ) ( 0.188, 0.188 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.727, 0.273 )

( 0.385, 0.615 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.625, 0.375 )

( 0.273, 0.727 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С3:

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.214 ) ( 0.214, 0.571 )

( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.214 ) ( 0.571, 0.571 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.500, 0.500 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.727, 0.273 ) ( 0.500, 0.500 )

Матрица парных сравнений нормализованных векторов приоритетов по критерию С4:

( 0.188, 0.188 ) ( 0.188, 0.312 ) ( 0.188, 0.500 )

( 0.312, 0.188 ) ( 0.312, 0.312 ) ( 0.312, 0.500 )

( 0.500, 0.188 ) ( 0.500, 0.312 ) ( 0.500, 0.500 )

Нормализованная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.375, 0.625 ) ( 0.273, 0.727 )

( 0.625, 0.375 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.385, 0.615 )

( 0.727, 0.273 ) ( 0.615, 0.385 ) ( 0.500, 0.500 )

Обобщенная матрица:

( 0.500, 0.500 ) ( 0.517, 0.483 ) ( 0.455, 0.545 )

( 0.483, 0.517 ) ( 0.500, 0.500 ) ( 0.440, 0.560 )

( 0.545, 0.455 ) ( 0.560, 0.440 ) ( 0.500, 0.500 )

Глобальные значения весовых коэффициентов альтернатив:

A1=0.327

A2=0.316

A3=0.357

Итоговое решение: A3

Добавим в группу претендента Ц4={средние строки (макс. 2 недели), дорогая мебель, превосходное качество материалов, средний ассортимент}

ca = [[8, 7, 5, 6], [8, 5, 3, 4], [3, 3, 8, 9], [3, 5, 8, 5]]

На основе метода AHP+ выберем претендента

c = [7, 5, 8, 6]

mai(c, ca)

Результат работы программы:

Оценки критериев: C1=7 C2=5 C3=8 C4=6

Оценки альтернатив по критериям:

A1 | A2 | A3 |

C1 8 | 7 | 5 |

C2 8 | 5 | 3 |

C3 3 | 3 | 8 |

C4 3 | 5 | 8 |

Матрица парных сравнений для критериальных оценок:

C1 | C2 | C3 | C4 | Собств.в. | Норм.в.п. |

C1 1.000 | 1.400 | 0.875 | 1.167 | 1.093 | 0.269 |

C2 0.714 | 1.000 | 0.625 | 0.833 | 0.781 | 0.192 |

C3 1.143 | 1.600 | 1.000 | 1.333 | 1.250 | 0.308 |

C4 0.857 | 1.200 | 0.750 | 1.000 | 0.937 | 0.231 |

S 3.714 | 5.200 | 3.250 | 4.333 | 4.061 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 4.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С1:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.143 | 1.600 | 1.223 | 0.400 |

A2 0.875 | 1.000 | 1.400 | 1.070 | 0.350 |

A3 0.625 | 0.714 | 1.000 | 0.764 | 0.250 |

S 2.500 | 2.857 | 4.000 | 3.057 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С2:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.600 | 2.667 | 1.622 | 0.500 |

A2 0.625 | 1.000 | 1.667 | 1.014 | 0.313 |

A3 0.375 | 0.600 | 1.000 | 0.608 | 0.188 |

S 2.000 | 3.200 | 5.333 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С3:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A2 1.000 | 1.000 | 0.375 | 0.721 | 0.214 |

A3 2.667 | 2.667 | 1.000 | 1.923 | 0.571 |

S 4.667 | 4.667 | 1.750 | 3.365 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Матрица парных сравнений альтернатив по критерию С4:

A1 | A2 | A3 | Собств.в. | Норм.в.п. |

A1 1.000 | 0.600 | 0.375 | 0.608 | 0.188 |

A2 1.667 | 1.000 | 0.625 | 1.014 | 0.312 |

A3 2.667 | 1.600 | 1.000 | 1.622 | 0.500 |

S 5.333 | 3.200 | 2.000 | 3.244 | 1.000 |

Максимальное собственное число матрицы: 3.000

Расчет 𝜔 – весовых коэффициентов альтернатив по каждому из критериев (глобальных приоритетов)

𝜔(A1)=0.313

𝜔(A2)=0.292

𝜔(A3)=0.395

Итоговое решение: A3

**Вывод**

Закреплены знания по теме «Математический аппарат СППР для моделирования слабоструктурированных задач». Решена задача выбора «наилучшего» варианта по нескольким критериям их оценивания. Разработана программа на языке Python, моделирующая алгоритмы методов AHP и AHP+ (поиска «лучшего» решения слабоструктурированной задачи).