|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | | Министерство образования и науки РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | | |  Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  **«МИРЭА – Российский технологический университет»** | |
|  | |
|  | |
|  |  |

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

КАФЕДРА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

Лабораторная работа 2

 по курсу «**Случайные процессы**»

**ВАРИАНТ 6**

Тема:  **Процесс роста и мутации популяции**\_

Выполнил:

Студент 4-го курса

Едренников Д.А.

Группа: КМБО-01-20

МОСКВА – 2023

# Задание

В популяции могут находиться объекты двух видов: N-объекты и M-объекты.

Дано:

− время жизни каждого N-объекта является случайной величиной, имеющей показательное распределение с параметром λ(tb) = 0.005 \*N(tb-0) + 0.01\*M(tb-0) + 0.3 (где tb − время рождения объекта, N(tb-0) − число N-объектов до момента времени tb, M(tb-0) − число M-объектов до момента времени tb);

− время жизни каждого M-объекта является случайной величиной, имеющей показательное распределение с параметром µ(tb) = 0.05 \*N(tb-0) + 0.03\*M(tb-0) (где tb − время рождения объекта, N(tb-0) − число N-объектов до момента времени tb, M(tb-0) − число M-объектов до момента времени tb);

− по окончании времени жизни каждый N-объект порождает с вероятностью pn1 один N-объект (событие SN(1) ), с вероятностью pn2 два N-объекта (событие SN(2)), с вероятностью pn11 = 1-pn1 –pn2 один N-объект и один M-объект (событие SN(3));

− по окончании времени жизни каждый M-объект порождает с вероятностью pm1 один N-объект (событие SM(1) ), ничего не порождает с вероятностью pm0 (событие SM(0)), с вероятностью pn11 = 1-pm1 –pm0 один N-объект и один M-объект (событие SM(2));

− до начального момента t = 0 не было объектов, в начальный момент происходит событие SN(1) и появляется первый объект: N-объект.

Состояние системы в момент времени t характеризуется параметрами ( N(t), M(t)), где N(t) − число N-объектов, M(t) − число M-объектов. Событием в развитии системы называется момент окончания жизни (исчезновения) любого из объектов и (одновременно) появления новых объектов. События могут быть 6 типов: SN(1), SN(2), SN(3), SM(0), SM(1), SM(2). При появлении каждого нового объекта случайным образом в соответствии с заданным законом распределения определяется время его жизни. Считать для первого события: момент наступления события tсоб(1) = 0; тип события *Type*(1) = SN(1).

**Требуется:**

1. Провести моделирование первых 100 событий в развитии системы.
2. Составить следующие таблицы в соответствии с **Указаниями**.

Таблица 1 с данными о событиях:

− номер события i ; − момент наступления события tсоб(i);

− тип события *Type*(i);

− время жизни появившихся новых объектов (2 столбца) tж1(i), tж2(i);

− состояние системы после события C(i);

− время ожидания до следующего события tож(i);

− номер Jкж(i) объекта, у которого раньше закончится жизнь;

− вид этого исчезающего объекта Genкж(i) (N или M).

Таблица 2 с данными об объектах:

− номер объекта j ;

− вид объекта Gen(j) (N или M)

− момент появления (рождения) объекта tb(j);

− время жизни объекта tl(j);

− момент исчезновения объекта td(j);

− номера объектов-потомков (2 столбца) Des1(j), Des2(j).

Таблица 3 с данными о типах событий.

Таблица 4 с данными о видах объектов.

Таблица 5 с данными о состояниях, которые появились при моделировании и имеются в таблице 1.

Результаты в отчете приводить с округлением до 0.00001.

# Краткие теоретические сведения

Процессом рождения и гибели называется марковский процесс с непрерывным временем и следующим графом состояний:



Плотности (i = 0,1,2, ...) называются «интенсивностями размножения», а плотности (j = 0,1,2, …) - «интенсивностями гибели».

Дифференциальные уравнения Колмогорова:

Формулы для нахождения стационарного распределения:

=

=

Используемые функции из языка python:

expon.rvs(scale=1 /u) – генерации случайного значения из экспоненциального распределения.

random.random() – генерация случайного числа от 0 до 1.

# Результаты расчетов

Вариант равен 6.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| pn1 | pn2 | Pn11 | pm0 | pm1 | pm11 |
| 0.354 | 0.315 | 0.331 | 0.525 | 0.299 | 0.176 |

Таблица 1:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № события | tсоб | *Type* | tж1 | tж2 | C | tож | Jкж | Genкж |
| 1 | 0 |  | 0.90605 | -1. | ( 1,0) | 0.90605 | 1 | N |
| 2 | 0.90605 |  | 10.81899 | -1. | ( 1, 0) | 10.81899 | 2 | N |
| 3 | 11.72504 | SN(3) | 0.48189 | 5.92856 | ( 1,1) | 0.48189 | 3 | N |
| 4 | 12.20693 | SN(2) | 0.89708 | 8.78615 | ( 2,1) | 0.89708 | 5 | N |
| 5 | 13.10401 |  | 2.54401 | -1. | ( 2, 1) | 2.54401 | 7 | N |
| 6 | 15.64802 | SN(2) | 5.78234 | 9.43513 | ( 3, 1) | 2.00557 | 4 | M |
| 7 | 17.6536 | SM(0) | -1. | -1. | ( 3, 0) | 3.33949 | 6 | N |
| 8 | 20.99308 | SN(3) | 0.24487 | 1.95362 | ( 3, 1) | 0.24487 | 10 | N |
| 9 | 21.23795 |  | 1.0672 | -1. | ( 3, 1) | 0.19241 | 8 | N |
| 10 | 21.43036 | SN(2) | 0.06656 | 0.84906 | ( 4, 1) | 0.06656 | 13 | N |
| 11 | 21.49692 |  | 0.13475 | -1. | ( 4, 1) | 0.13475 | 15 | N |
| 12 | 21.63166 | SN(3) | 0.36333 | 7.32272 | ( 4, 2) | 0.36333 | 16 | M |
| 13 | 21.99499 | SM(1) | 0.05621 | -1. | ( 4, 2) | 0.05621 | 18 | M |
| 14 | 22.0512 | SM(1) | 1.71971 | -1. | ( 4, 2) | 0.22822 | 14 | N |
| 15 | 22.27942 |  | 2.61414 | -1. | ( 4, 2) | 0.02573 | 12 | N |
| 16 | 22.30515 | SN(2) | 0.11982 | 2.6037 | ( 5, 2) | 0.11982 | 21 | N |
| 17 | 22.42498 | SN(2) | 1.79462 | 1.98755 | ( 6, 2) | 0.52173 | 11 | M |
| 18 | 22.94671 | SM(2) | 9.7469 | 13.94962 | ( 7, 2) | 0.82421 | 19 | M |
| 19 | 23.77091 | SM(1) | 0.5608 | -1. | ( 7, 2) | 0.44868 | 23 | N |
| 20 | 24.21959 |  | 7.56766 | -1. | ( 7, 2) | 0.11212 | 27 | M |
| 21 | 24.33171 | SM(1) | 1.02508 | -1. | ( 7, 2) | 0.08081 | 24 | N |
| 22 | 24.41253 |  | 1.57986 | -1. | ( 7, 2) | 0.48103 | 20 | N |
| 23 | 24.89356 | SN(3) | 0.89837 | 0.9341 | ( 7, 3) | 0.01529 | 22 | N |
| 24 | 24.90885 | SN(2) | 4.80591 | 7.66686 | ( 8, 3) | 0.1743 | 9 | N |
| 25 | 25.08315 | SN(3) | 0.11422 | 1.52828 | ( 8, 4) | 0.11422 | 35 | N |
| 26 | 25.19737 |  | 4.56702 | -1. | ( 8, 4) | 0.15943 | 29 | M |
| 27 | 25.3568 | SM(1) | 6.79438 | -1. | ( 8, 4) | 0.43513 | 31 | N |
| 28 | 25.79193 | SN(2) | 0.17837 | 0.60284 | ( 9, 4) | 0.03573 | 32 | M |
| 29 | 25.82766 | SM(2) | 1.09605 | 2.98787 | (10, 4) | 0.14264 | 39 | N |
| 30 | 25.97029 |  | 2.76908 | -1. | (10, 4) | 0.02209 | 30 | N |
| 31 | 25.99239 |  | 8.19557 | -1. | (10, 4) | 0.40238 | 40 | N |
| 32 | 26.39477 |  | 0.87901 | -1. | (10, 4) | 0.21666 | 36 | M |
| 33 | 26.61143 | SM(2) | 0.80538 | 6.74821 | (11, 4) | 0.31228 | 41 | N |
| 34 | 26.92371 | SN(3) | 1.16568 | 3.42029 | (11, 5) | 0.35007 | 45 | N |
| 35 | 27.27378 | SN(2) | 2.39462 | 5.66188 | (12, 5) | 0.14302 | 46 | M |
| 36 | 27.4168 | SM(1) | 0.13775 | -1. | (12, 5) | 0.13775 | 52 | M |
| 37 | 27.55455 | SM(0) | -1. | -1. | (12, 4) | 0.53483 | 48 | M |
| 38 | 28.08939 | SM(2) | 1.16467 | 4.57897 | (13, 4) | 0.64999 | 43 | N |
| 39 | 28.73938 | SN(2) | 0.15692 | 1.4944 | (14, 4) | 0.07615 | 42 | M |
| 40 | 28.81553 | SM(1) | 0.2466 | -1. | (14, 4) | 0.08077 | 55 | N |
| 41 | 28.8963 | SN(2) | 1.31255 | 2.06901 | (15, 4) | 0.05808 | 17 | N |
| 42 | 28.95438 | SN(2) | 0.07469 | 0.70806 | (16, 4) | 0.07469 | 60 | N |
| 43 | 29.02907 | SN(2) | 1.46181 | 6.17155 | (17, 4) | 0.03305 | 57 | M |
| 44 | 29.06213 | SM(0) | -1. | -1. | (17, 3) | 0.19193 | 53 | M |
| 45 | 29.25405 | SM(1) | 0.91265 | -1. | (17, 3) | 0.40839 | 61 | N |
| 46 | 29.66244 | SN(3) | 0.47541 | 2.65026 | (17, 4) | 0.00596 | 50 | N |
| 47 | 29.6684 | SN(3) | 1.11961 | 2.38917 | (17, 5) | 0.04636 | 33 | N |
| 48 | 29.71476 |  | 7.7008 | -1. | (17, 5) | 0.04963 | 37 | N |
| 49 | 29.76439 | SN(3) | 0.7565 | 1.08709 | (17, 6) | 0.37346 | 65 | M |
| 50 | 30.13785 | SM(0) | -1. | -1. | (17, 5) | 0.02885 | 64 | M |
| 51 | 30.1667 | SM(1) | 1.23748 | -1. | (17, 5) | 0.04214 | 58 | N |
| 52 | 30.20885 | SN(2) | 0.67139 | 2.5596 | (18, 5) | 0.02493 | 56 | N |
| 53 | 30.23377 | SN(2) | 0.41257 | 0.53026 | (19, 5) | 0.11022 | 49 | N |
| 54 | 30.344 | SN(2) | 0.13162 | 0.90537 | (20, 5) | 0.13162 | 77 | N |
| 55 | 30.47562 |  | 0.45445 | -1. | (20, 5) | 0.01527 | 62 | N |
| 56 | 30.49089 | SN(2) | 1.63826 | 3.0284 | (21, 5) | 0.03 | 70 | M |
| 57 | 30.52089 | SM(0) | -1. | -1. | (21, 4) | 0.12546 | 75 | N |
| 58 | 30.64634 | SN(3) | 2.43577 | 2.73866 | (21, 5) | 0.11769 | 76 | N |
| 59 | 30.76404 | SN(2) | 0.26508 | 1.74643 | (22, 5) | 0.02397 | 67 | M |
| 60 | 30.78801 | SM(1) | 0.24703 | -1. | (22, 5) | 0.06347 | 71 | N |
| 61 | 30.85148 | SN(3) | 0.79786 | 0.98267 | (22, 6) | 0.02877 | 73 | N |
| 62 | 30.88024 | SN(2) | 1.91289 | 3.39659 | (23, 6) | 0.04983 | 79 | N |
| 63 | 30.93007 | SN(3) | 0.08033 | 1.1329 | (23, 7) | 0.03524 | 59 | N |
| 64 | 30.9653 |  | 1.58152 | -1. | (23, 7) | 0.04509 | 91 | M |
| 65 | 31.01039 | SM(2) | 0.10823 | 3.97145 | (24, 7) | 0.01873 | 84 | N |
| 66 | 31.02912 |  | 3.65856 | -1. | (24, 7) | 0.00592 | 86 | M |
| 67 | 31.03504 | SM(2) | 0.44836 | 1.77214 | (25, 7) | 0.08359 | 94 | M |
| 68 | 31.11863 | SM(1) | 0.43389 | -1. | (25, 7) | 0.13074 | 78 | N |
| 69 | 31.24937 | SN(2) | 0.76331 | 1.72003 | (26, 7) | 0.15481 | 72 | M |
| 70 | 31.40418 | SM(0) | -1. | -1. | (26, 6) | 0.07922 | 97 | M |
| 71 | 31.4834 | SM(1) | 0.16342 | -1. | (26, 6) | 0.06912 | 99 | M |
| 72 | 31.55252 | SM(1) | 0.6004 | -1. | (26, 6) | 0.0943 | 102 | M |
| 73 | 31.64682 | SM(1) | 0.47539 | -1. | (26, 6) | 0.00252 | 87 | N |
| 74 | 31.64934 |  | 1.45347 | -1. | (26, 6) | 0.13792 | 28 | N |
| 75 | 31.78726 | SN(2) | 0.17673 | 4.49805 | (27, 6) | 0.04689 | 88 | M |
| 76 | 31.83414 | SM(0) | -1. | -1. | (27, 5) | 0.12985 | 106 | N |
| 77 | 31.96399 |  | 0.09037 | -1. | (27, 5) | 0.0487 | 100 | N |
| 78 | 32.01268 |  | 1.75533 | -1. | (27, 5) | 0.04167 | 108 | N |
| 79 | 32.05436 | SN(3) | 1.20688 | 1.51647 | (27, 6) | 0.00321 | 68 | N |
| 80 | 32.05757 |  | 0.05345 | -1. | (27, 6) | 0.00539 | 92 | N |
| 81 | 32.06296 |  | 4.44639 | -1. | (27, 6) | 0.04805 | 112 | N |
| 82 | 32.11102 | SN(2) | 0.2811 | 2.5665 | (28, 6) | 0.01119 | 104 | M |
| 83 | 32.12221 | SM(0) | -1. | -1. | (28, 5) | 0.00694 | 80 | N |
| 84 | 32.12914 | SN(3) | 0.57365 | 1.87121 | (28, 6) | 0.02204 | 38 | M |
| 85 | 32.15118 | SM(0) | -1. | -1. | (28, 5) | 0.00174 | 103 | M |
| 86 | 32.15292 | SM(1) | 1.44544 | -1. | (28, 5) | 0.15977 | 66 | N |
| 87 | 32.3127 |  | 1.43666 | -1. | (28, 5) | 0.07942 | 114 | N |
| 88 | 32.39212 | SN(3) | 0.14112 | 1.38567 | (28, 6) | 0.11835 | 85 | N |
| 89 | 32.51046 |  | 7.36214 | -1. | (28, 6) | 0.02277 | 120 | M |
| 90 | 32.53324 | SM(0) | -1. | -1. | (28, 5) | 0.01358 | 93 | N |
| 91 | 32.54682 |  | 7.31561 | -1. | (28, 5) | 0.02889 | 34 | N |
| 92 | 32.57571 |  | 1.18008 | -1. | (28, 5) | 0.09264 | 54 | N |
| 93 | 32.66835 |  | 0.56752 | -1. | (28, 5) | 0.02526 | 25 | N |
| 94 | 32.69361 |  | 1.22673 | -1. | (28, 5) | 0.00919 | 116 | M |
| 95 | 32.7028 | SM(1) | 0.16457 | -1. | (28, 5) | 0.06564 | 74 | N |
| 96 | 32.76844 | SN(2) | 0.64568 | 0.74179 | (29, 5) | 0.02468 | 89 | N |
| 97 | 32.79313 | SN(3) | 0.18215 | 0.9681 | (29, 6) | 0.01406 | 98 | N |
| 98 | 32.80719 | SN(3) | 0.70849 | 2.33071 | (29, 7) | 0.06018 | 127 | M |
| 99 | 32.86737 | SM(2) | 1.25868 | 2.2532 | (30, 7) | 0.0683 | 51 | N |
| 100 | 32.93566 |  | 0.4769 | -1. | (30, 7) | 0.03374 | 101 | N |

Таблица 2:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № объекта | Gen | tb | tl | td | Des1 | Des2 |
| 1 | N | 0 | 0.90605 | 0.90605 | 2 | -1 |
| 2 | N | 0.90605 | 10.81899 | 11.72504 | 3 | 4 |
| 3 | N | 11.72504 | 0.48189 | 12.20693 | 5 | 6 |
| 4 | M | 11.72504 | 5.92856 | 17.6536 | -1 | -1 |
| 5 | N | 12.20693 | 0.89708 | 13.10401 | 7 | -1 |
| 6 | M | 12.20693 | 8.78615 | 20.99308 | 10 | 11 |
| 6 | N | 13.10401 | 2.54401 | 15.64802 | 8 | 9 |
| 8 | N | 15.64802 | 5.78234 | 21.43036 | 13 | 14 |
| 9 | M | 15.64802 | 9.43513 | 25.08315 | 35 | 36 |
| 10 | N | 20.99308 | 0.24487 | 21.23795 | 12 | -1 |
| 11 | M | 20.99308 | 1.95362 | 22.94671 | 25 | 26 |
| 11 | N | 21.23795 | 1.0672 | 22.30515 | 21 | 22 |
| 13 | N | 21.43036 | 0.06656 | 21.49692 | 15 | -1 |
| 14 | M | 21.43036 | 0.84906 | 22.27942 | 20 | -1 |
| 14 | N | 21.49692 | 0.13475 | 21.63166 | 16 | 17 |
| 16 | M | 21.63166 | 0.36333 | 21.99499 | 18 | -1 |
| 17 | N | 21.63166 | 7.32272 | 28.95438 | 60 | 61 |
| 18 | M | 21.99499 | 0.05621 | 22.0512 | 19 | -1 |
| 19 | M | 22.0512 | 1.71971 | 23.77091 | 27 | -1 |
| 19 | N | 22.27942 | 2.61414 | 24.89356 | 31 | 32 |
| 21 | N | 22.30515 | 0.11982 | 22.42498 | 23 | 24 |
| 22 | M | 22.30515 | 2.6037 | 24.90885 | 33 | 34 |
| 23 | N | 22.42498 | 1.79462 | 24.21959 | 28 | -1 |
| 24 | M | 22.42498 | 1.98755 | 24.41253 | 30 | -1 |
| 25 | N | 22.94671 | 9.7469 | 32.69361 | 126 | -1 |
| 26 | M | 22.94671 | 13.94962 | 36.89633 | - | - |
| 27 | M | 23.77091 | 0.5608 | 24.33171 | 29 | -1 |
| 27 | N | 24.21959 | 7.56766 | 31.78726 | 106 | 107 |
| 29 | M | 24.33171 | 1.02508 | 25.3568 | 38 | -1 |
| 29 | N | 24.41253 | 1.57986 | 25.99239 | 44 | -1 |
| 31 | N | 24.89356 | 0.89837 | 25.79193 | 39 | 40 |
| 32 | M | 24.89356 | 0.9341 | 25.82766 | 41 | 42 |
| 33 | N | 24.90885 | 4.80591 | 29.71476 | 69 | -1 |
| 34 | M | 24.90885 | 7.66686 | 32.57571 | 124 | -1 |
| 35 | N | 25.08315 | 0.11422 | 25.19737 | 37 | -1 |
| 36 | M | 25.08315 | 1.52828 | 26.61143 | 46 | 47 |
| 36 | N | 25.19737 | 4.56702 | 29.76439 | 70 | 71 |
| 38 | M | 25.3568 | 6.79438 | 32.15118 | -1 | -1 |
| 39 | N | 25.79193 | 0.17837 | 25.97029 | 43 | -1 |
| 40 | M | 25.79193 | 0.60284 | 26.39477 | 45 | -1 |
| 41 | N | 25.82766 | 1.09605 | 26.92371 | 48 | 49 |
| 42 | M | 25.82766 | 2.98787 | 28.81553 | 57 | -1 |
| 42 | N | 25.97029 | 2.76908 | 28.73938 | 55 | 56 |
| 43 | N | 25.99239 | 8.19557 | 34.18796 | - | - |
| 44 | N | 26.39477 | 0.87901 | 27.27378 | 50 | 51 |
| 46 | M | 26.61143 | 0.80538 | 27.4168 | 52 | -1 |
| 47 | N | 26.61143 | 6.74821 | 33.35964 | - | - |
| 48 | M | 26.92371 | 1.16568 | 28.08939 | 53 | 54 |
| 49 | N | 26.92371 | 3.42029 | 30.344 | 77 | 78 |
| 50 | N | 27.27378 | 2.39462 | 29.6684 | 67 | 68 |
| 51 | M | 27.27378 | 5.66188 | 32.93566 | 136 | -1 |
| 52 | M | 27.4168 | 0.13775 | 27.55455 | -1 | -1 |
| 53 | M | 28.08939 | 1.16467 | 29.25405 | 64 | -1 |
| 54 | N | 28.08939 | 4.57897 | 32.66835 | 125 | -1 |
| 55 | N | 28.73938 | 0.15692 | 28.8963 | 58 | 59 |
| 56 | M | 28.73938 | 1.4944 | 30.23377 | 75 | 76 |
| 57 | M | 28.81553 | 0.2466 | 29.06213 | -1 | -1 |
| 58 | N | 28.8963 | 1.31255 | 30.20885 | 73 | 74 |
| 59 | M | 28.8963 | 2.06901 | 30.9653 | 93 | -1 |
| 60 | N | 28.95438 | 0.07469 | 29.02907 | 62 | 63 |
| 61 | M | 28.95438 | 0.70806 | 29.66244 | 65 | 66 |
| 62 | N | 29.02907 | 1.46181 | 30.49089 | 80 | 81 |
| 63 | M | 29.02907 | 6.17155 | 35.20063 | - | - |
| 64 | M | 29.25405 | 0.91265 | 30.1667 | 72 | -1 |
| 65 | M | 29.66244 | 0.47541 | 30.13785 | -1 | -1 |
| 66 | N | 29.66244 | 2.65026 | 32.3127 | 119 | -1 |
| 67 | M | 29.6684 | 1.11961 | 30.78801 | 86 | -1 |
| 68 | N | 29.6684 | 2.38917 | 32.05757 | 112 | -1 |
| 68 | N | 29.71476 | 7.7008 | 37.41556 | - | - |
| 70 | M | 29.76439 | 0.7565 | 30.52089 | -1 | -1 |
| 71 | N | 29.76439 | 1.08709 | 30.85148 | 87 | 88 |
| 72 | M | 30.1667 | 1.23748 | 31.40418 | -1 | -1 |
| 73 | N | 30.20885 | 0.67139 | 30.88024 | 89 | 90 |
| 74 | M | 30.20885 | 2.5596 | 32.76844 | 128 | 129 |
| 75 | N | 30.23377 | 0.41257 | 30.64634 | 82 | 83 |
| 76 | M | 30.23377 | 0.53026 | 30.76404 | 84 | 85 |
| 77 | N | 30.344 | 0.13162 | 30.47562 | 79 | -1 |
| 78 | M | 30.344 | 0.90537 | 31.24937 | 100 | 101 |
| 78 | N | 30.47562 | 0.45445 | 30.93007 | 91 | 92 |
| 80 | N | 30.49089 | 1.63826 | 32.12914 | 116 | 117 |
| 81 | M | 30.49089 | 3.0284 | 33.51929 | - | - |
| 82 | M | 30.64634 | 2.43577 | 33.08211 | - | - |
| 83 | N | 30.64634 | 2.73866 | 33.385 | - | - |
| 84 | N | 30.76404 | 0.26508 | 31.02912 | 96 | -1 |
| 85 | M | 30.76404 | 1.74643 | 32.51046 | 122 | -1 |
| 86 | M | 30.78801 | 0.24703 | 31.03504 | 97 | 98 |
| 87 | N | 30.85148 | 0.79786 | 31.64934 | 105 | -1 |
| 88 | M | 30.85148 | 0.98267 | 31.83414 | -1 | -1 |
| 89 | N | 30.88024 | 1.91289 | 32.79313 | 130 | 131 |
| 90 | M | 30.88024 | 3.39659 | 34.27684 | - | - |
| 91 | M | 30.93007 | 0.08033 | 31.01039 | 94 | 95 |
| 92 | N | 30.93007 | 1.1329 | 32.06296 | 113 | -1 |
| 92 | N | 30.9653 | 1.58152 | 32.54682 | 123 | -1 |
| 94 | M | 31.01039 | 0.10823 | 31.11863 | 99 | -1 |
| 95 | N | 31.01039 | 3.97145 | 34.98184 | - | - |
| 95 | N | 31.02912 | 3.65856 | 34.68768 | - | - |
| 97 | M | 31.03504 | 0.44836 | 31.4834 | 102 | -1 |
| 98 | N | 31.03504 | 1.77214 | 32.80719 | 132 | 133 |
| 99 | M | 31.11863 | 0.43389 | 31.55252 | 103 | -1 |
| 100 | N | 31.24937 | 0.76331 | 32.01268 | 109 | -1 |
| 101 | M | 31.24937 | 1.72003 | 32.9694 | - | - |
| 102 | M | 31.4834 | 0.16342 | 31.64682 | 104 | -1 |
| 103 | M | 31.55252 | 0.6004 | 32.15292 | 118 | -1 |
| 104 | M | 31.64682 | 0.47539 | 32.12221 | -1 | -1 |
| 104 | N | 31.64934 | 1.45347 | 33.10281 | - | - |
| 106 | N | 31.78726 | 0.17673 | 31.96399 | 108 | -1 |
| 107 | M | 31.78726 | 4.49805 | 36.28531 | - | - |
| 107 | N | 31.96399 | 0.09037 | 32.05436 | 110 | 111 |
| 108 | N | 32.01268 | 1.75533 | 33.76802 | - | - |
| 110 | N | 32.05436 | 1.20688 | 33.26123 | - | - |
| 111 | M | 32.05436 | 1.51647 | 33.57082 | - | - |
| 111 | N | 32.05757 | 0.05345 | 32.11102 | 114 | 115 |
| 112 | N | 32.06296 | 4.44639 | 36.50936 | - | - |
| 114 | N | 32.11102 | 0.2811 | 32.39212 | 120 | 121 |
| 115 | M | 32.11102 | 2.5665 | 34.67752 | - | - |
| 116 | M | 32.12914 | 0.57365 | 32.7028 | 127 | -1 |
| 117 | N | 32.12914 | 1.87121 | 34.00036 | - | - |
| 118 | M | 32.15292 | 1.44544 | 33.59836 | - | - |
| 118 | N | 32.3127 | 1.43666 | 33.74936 | - | - |
| 120 | M | 32.39212 | 0.14112 | 32.53324 | -1 | -1 |
| 121 | N | 32.39212 | 1.38567 | 33.77778 | - | - |
| 121 | N | 32.51046 | 7.36214 | 39.8726 | - | - |
| 122 | N | 32.54682 | 7.31561 | 39.86243 | - | - |
| 123 | N | 32.57571 | 1.18008 | 33.75579 | - | - |
| 124 | N | 32.66835 | 0.56752 | 33.23587 | - | - |
| 125 | N | 32.69361 | 1.22673 | 33.92034 | - | - |
| 127 | M | 32.7028 | 0.16457 | 32.86737 | 134 | 135 |
| 128 | N | 32.76844 | 0.64568 | 33.41412 | - | - |
| 129 | M | 32.76844 | 0.74179 | 33.51024 | 2 | -1 |
| 130 | M | 32.79313 | 0.18215 | 32.97528 | 3 | 4 |
| 131 | N | 32.79313 | 0.9681 | 33.76123 | 5 | 6 |
| 132 | M | 32.80719 | 0.70849 | 33.51568 | -1 | -1 |
| 133 | N | 32.80719 | 2.33071 | 35.1379 | 7 | -1 |
| 134 | M | 32.86737 | 1.25868 | 34.12605 | 10 | 11 |
| 135 | N | 32.86737 | 2.2532 | 35.12056 | 8 | 9 |
| 135 | N | 32.93566 | 0.4769 | 33.41256 | 13 | 14 |

Таблица 3:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип события | SN(1) | SN(2) | SN(3) | SM(0) | SM(1) | SM(2) |  |
| Число событий | 28 | 22 | 17 | 10 | 16 | 7 | 100 |
| Относительная частота | 0.28 | 0.22 | 0.17 | 0.1 | 0.16 | 0.07 | 1.0 |

Таблица 4:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид объекта | Число появившихся объектов  за время [0, tсоб(100)] | Число объектов  в момент tсоб(100) |
| N | 96 | 30 |
| M | 40 | 7 |

Таблица 5:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состояние | nсост | vсост | Tсост |  |
| (1, 0) | 2 | 0.02 | 11.72504 | 0.356 |
| (1, 1) | 1 | 0.01 | 0.48189 | 0.01463 |
| (2, 1) | 2 | 0.02 | 3.44109 | 0.10448 |
| (3, 0) | 1 | 0.01 | 3.33949 | 0.10139 |
| (3, 1) | 3 | 0.03 | 2.44285 | 0.07417 |
| (4, 1) | 2 | 0.02 | 0.2013 | 0.00611 |
| (4, 2) | 4 | 0.04 | 0.67349 | 0.02045 |
| (5, 2) | 1 | 0.01 | 0.11982 | 0.00364 |
| (6, 2) | 1 | 0.01 | 0.52173 | 0.01584 |
| (7, 2) | 5 | 0.05 | 1.94685 | 0.05911 |
| (7, 3 ) | 1 | 0.01 | 0.01529 | 0.00046 |
| (8, 3) | 1 | 0.01 | 0.1743 | 0.00529 |
| (8, 4) | 3 | 0.03 | 0.70878 | 0.02152 |
| (9, 4 ) | 1 | 0.01 | 0.03573 | 0.00108 |
| (10, 4) | 4 | 0.04 | 0.78377 | 0.0238 |
| (11, 4) | 1 | 0.01 | 0.31228 | 0.00948 |
| (11, 5) | 1 | 0.01 | 0.35007 | 0.01063 |
| (12, 4) | 1 | 0.01 | 0.53483 | 0.01624 |
| (12, 5) | 2 | 0.02 | 0.28077 | 0.00852 |
| (13, 4) | 1 | 0.01 | 0.64999 | 0.01974 |
| (14, 4) | 2 | 0.02 | 0.15692 | 0.00476 |
| (15, 4) | 1 | 0.01 | 0.05808 | 0.00176 |
| (16, 4) | 1 | 0.01 | 0.07469 | 0.00227 |
| (17, 3) | 2 | 0.02 | 0.60031 | 0.01823 |
| (17, 4) | 2 | 0.02 | 0.03901 | 0.00118 |
| (17, 5) | 4 | 0.04 | 0.16698 | 0.00507 |
| (17, 6) | 1 | 0.01 | 0.37346 | 0.01134 |
| (18, 5) | 1 | 0.01 | 0.02493 | 0.00076 |
| (19, 5) | 1 | 0.01 | 0.11022 | 0.00335 |
| (20, 5 ) | 2 | 0.02 | 0.14689 | 0.00446 |
| (21, 4) | 1 | 0.01 | 0.12546 | 0.00381 |
| (21, 5) | 2 | 0.02 | 0.14769 | 0.00448 |
| (22, 5) | 2 | 0.02 | 0.08744 | 0.00265 |
| (22, 6) | 1 | 0.01 | 0.02877 | 0.00087 |
| (23, 6) | 1 | 0.01 | 0.04983 | 0.00151 |
| (23, 7) | 2 | 0.02 | 0.08033 | 0.00244 |
| (24, 7) | 2 | 0.02 | 0.02465 | 0.00075 |
| (25, 7) | 2 | 0.02 | 0.21433 | 0.00651 |
| (26, 6) | 5 | 0.05 | 0.38307 | 0.01163 |
| (26,7) | 1 | 0.01 | 0.15481 | 0.0047 |
| (27, 5) | 3 | 0.03 | 0.22022 | 0.00669 |
| (27, 6) | 4 | 0.04 | 0.10354 | 0.00314 |
| (28, 5) | 10 | 0.1 | 0.48308 | 0.01467 |
| (28, 6) | 4 | 0.04 | 0.17435 | 0.00529 |
| (29, 5) | 1 | 0.01 | 0.02468 | 0.00075 |
| (29, 6) | 1 | 0.01 | 0.01406 | 0.00043 |
| (29, 7) | 1 | 0.01 | 0.06018 | 0.00183 |
| (30, 7) | 2 | 0.02 | 0.0683 | 0.00207 |
|  | 100 | 1.0 | 32.93566 | 1.0 |

## Список литературы

1. Случайные процессы [Электронный ресурс]: методические указания / А. А. Лобузов. — М.: РТУ МИРЭА, 2021 — 36с.
2. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. - М.: Кнорус, 2018 - 488 с.
3. Бородин А.Н. Случайные процессы. - СПб.: Лань, 2021 - 640с.

## Приложение

import numpy as np

import random

from scipy.stats import expon

f = open('answer.txt', 'r+')

np.set\_printoptions(suppress=True)

pn1 = 0.354

pn2 = 0.315

pn3 = 1 - pn1 - pn2

pm0 = 0.525

pm1 = 0.299

pm2 = 1 - pm0 - pm1

N = 0

M = 0

L = list(range(1, 101))

Ttime = []

Ttype = []

Tl1 = []

Tl2 = []

condition = []

Tremained = []

Tdin = []

TdG = []

jN = np.zeros(300)

jG = np.zeros(300)

jB = np.zeros(300)

jLt = np.zeros(300)

jD = np.zeros(300)

jS1 = np.zeros(300)

jS2 = np.zeros(300)

Sn1 = 0

Sn2 = 0

Sn3 = 0

Sm0 = 0

Sm1 = 0

Sm2 = 0

Sn1d = 0

Sn2d = 0

Sn3d = 0

Sm0d = 0

Sm1d = 0

Sm2d = 0

n5 = [[0 for j in range(15)] for j in range(50)]

v5 = [[0 for j in range(15)] for j in range(50)]

T5 = [[0 for j in range(15)] for j in range(50)]

D5 = [[0 for j in range(15)] for j in range(50)]

Ld = []

Ldi = []

i = 1

Ttime.append(0)

Ttype.append("Sn1")

Tl1.append(expon.rvs(scale=1 / 0.3))

N += 1

Tl2.append(-1)

condition.append((1, 0))

Ld.append(Tl1[0])

Ldi.append("N")

Tremained.append(Tl1[0])

Tdin.append(i)

TdG.append("N")

jN[0] = i

jG[0] = 1

jB[0] = 0

jLt[0] = Tl1[0]

jD[0] = Tl1[0]

Sn1 += 1

n5[1][0] += 1

T5[1][0] += Tl1[0]

# T1 += service\_time[i]

while len(Ttime) != 100:

if Ldi[np.argmin(Ld)] == "N":

Ttime.append(Ttime[-1] + Ld[np.argmin(Ld)])

с = random.random()

if с < pn1:

jS1[np.argmin(Ld)] = i + 1

jS2[np.argmin(Ld)] = -1

Ttype.append("Sn1")

Tl1.append(expon.rvs(scale=1 / (0.005 \* N + 0.01 \* M + 0.3)))

Tl2.append(-1)

condition.append(condition[-1])

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

Ld = np.append(Ld, Tl1[-1])

Ldi.append("N")

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld)+1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

jN[i] = i

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

Sn1 += 1

n5[N][M] = n5[N][M]+ 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

elif с < pn2 + pn1:

jS1[np.argmin(Ld)] = i + 1

jS2[np.argmin(Ld)] = i + 2

Ttype.append("Sn2")

a = expon.rvs(scale=1 / (0.005 \* N + 0.01 \* M + 0.3))

b = expon.rvs(scale=1 / (0.005 \* N + 0.01 \* M + 0.3))

if b > a:

Tl1.append(a)

Tl2.append(b)

else:

Tl1.append(b)

Tl2.append(a)

condition.append((condition[-1][0] + 1, condition[-1][1]))

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

Ld = np.append(Ld, Tl1[-1])

Ldi.append("N")

Ld = np.append(Ld, Tl2[-1])

Ldi.append("N")

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld)+1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

jN[i] = i + 1

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

Sn2 += 1

N += 1

n5[N][M] += 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

else:

Ttype.append("Sn3")

Sn3+=1

jS1[np.argmin(Ld)] = i + 1

jS2[np.argmin(Ld)] = i + 2

a = expon.rvs(scale=1 / (0.005 \* N + 0.01 \* M + 0.3))

b = expon.rvs(scale=1 / (0.05 \* N + 0.03 \* M))

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

if b > a:

Tl1.append(a)

Tl2.append(b)

Ld = np.append(Ld, Tl1[-1])

Ldi.append("N")

Ld = np.append(Ld, Tl2[-1])

Ldi.append("M")

jN[i] = i + 1

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

else:

Tl1.append(b)

Tl2.append(a)

Ld = np.append(Ld, (Tl1[-1]))

Ldi.append("M")

Ld = np.append(Ld, (Tl2[-1]))

Ldi.append("N")

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

jN[i] = i + 1

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

condition.append((condition[-1][0], condition[-1][1] + 1))

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld)+1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

M += 1

n5[N][M] += 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

else:

Ttime.append(Ttime[-1] + Ld[np.argmin(Ld)])

с = random.random()

if с < pn1:

Ttype.append("Sm1")

jS1[np.argmin(Ld)] = i + 1

jS2[np.argmin(Ld)] = -1

Tl1.append(expon.rvs(scale=1 / (0.05 \* N + 0.03 \* M)))

Tl2.append(-1)

condition.append(condition[-1])

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

Ld = np.append(Ld, (Tl1[-1]))

Ldi.append("M")

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld) + 1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

Sm1 += 1

n5[N][M] += 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

elif с < pn2 + pn1:

Ttype.append("Sm0")

jS1[np.argmin(Ld)] = -1

jS2[np.argmin(Ld)] = -1

Tl1.append(-1)

Tl2.append(-1)

condition.append((condition[-1][0], condition[-1][1] - 1))

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld)+1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

Sm0 += 1

M -= 1

n5[N][M] += 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

else:

Ttype.append("Sm2")

jS1[np.argmin(Ld)] = i + 1

jS2[np.argmin(Ld)] = i + 2

a = expon.rvs(scale=1 / (0.005 \* N + 0.01 \* M + 0.3))

b = expon.rvs(scale=1 / (0.05 \* N + 0.03 \* M))

Ld -= Ld[np.argmin(Ld)]

Ld[np.argmin(Ld)] = (float("inf"))

if b > a:

Tl1.append(a)

Tl2.append(b)

Ld = np.append(Ld, Tl1[-1])

Ldi.append("N")

Ld = np.append(Ld, (Tl2[-1]))

Ldi.append("M")

jN[i] = i + 1

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

else:

Tl1.append(b)

Tl2.append(a)

Ld = np.append(Ld, (Tl1[-1]))

Ldi.append("M")

Ld = np.append(Ld, (Tl2[-1]))

Ldi.append("N")

jN[i] = i + 1

jG[i] = 2

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

jN[i] = i + 1

jG[i] = 1

jB[i] = Ttime[-1]

jLt[i] = Ld[i]

jD[i] = Ttime[-1] + Ld[i]

i += 1

condition.append((condition[-1][0]+1, condition[-1][1]))

Tremained.append(Ld[np.argmin(Ld)])

Tdin.append(np.argmin(Ld)+1)

TdG.append(Ldi[np.argmin(Ld)])

Sm2 += 1

N += 1

n5[N][M] += 1

T5[N][M] += Tremained[-1]

Sn1d = Sn1 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

Sn2d = Sn2 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

Sn3d = Sn3 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

Sm0d = Sm0 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

Sm1d = Sm1 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

Sm2d = Sm2 / (Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2)

T5[N][M] -= Tremained[-1]

v5 = np.array(n5) / 100

D5 = np.array(T5) / Ttime[-1]

Gn = 0

Gm = 0

for i in range(len(Ld)):

if (Ldi[i] == "N"):

Gn += 1

else:

Gm += 1

f.write(str(np.around(L, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Ttime, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(Ttype))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Tl1, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Tl2, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(condition, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Tremained, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Tdin, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(TdG))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jN, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jG, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jB, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jLt, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jD, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jS1, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(jS2, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn1, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn2, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn3, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm0, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm1, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm2, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn1d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn2d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sn3d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm0d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm1d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Sm2d, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around((Sn1 + Sn2 + Sn3 + Sm1 + Sm0 + Sm2), 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around((Sn1d + Sn2d + Sn3d + Sm1d + Sm0d + Sm2d), 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Gn, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(Gm, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(N, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(M, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(n5, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(v5, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(T5, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write(str(np.around(D5, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

total = 0

for ele in range(0, 50):

total += sum(n5[ele])

f.write(str(np.around(total, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

total = 0

for ele in range(0, 50):

total += sum(v5[ele])

f.write(str(np.around(total, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

total = 0

for ele in range(0, 50):

total += sum(T5[ele])

f.write(str(np.around(total, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

total = 0

for ele in range(0, 50):

total += sum(D5[ele])

f.write(str(np.around(total, 5)))

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')

f.write('\n')