
ПРОЕКТ № 19. МОДЕЛЬ «ДИНАМИКА ЭПИДЕМИЙ»

Инструментарий: формулы; математические и логические функции; условное форматирование.

Задание для ученика

Назначение таблицы

Данная таблица предназначена для качественного моделирования процесса развития эпидемии заболевания при заданном значении вероятности заражения (т. е. вероятности передачи болезни) от заболевшего человека (или нескольких человек, в данном случае — до 3-х) другому человеку.

Входные данные

Имя диапазона / ячейки	Содержимое
F1	Вероятность заражения (процентный формат)
Столбец А	Состояние изначальной группы наблюдаемых людей (0 — здоров, 1 — болен)

	А	В	С	Д	Е	Ф
1	Вероятность заражения:					
2	0					
3	0					
4	0					
5	0					
6	0					
7	0					
...	...					

Выходные данные

Имя диапазона / ячейки	Содержимое
Столбцы начиная с В от строки 2 и ниже (любое количество, уместяющиеся на экране; ширину столбцов выбрать равной 5)	Состояние других групп наблюдаемых людей в ходе распространения заболевания с течением времени (по порядку следования столбцов слева направо)

Применить для ячеек исходного диапазона А2:А... условное форматирование со следующими условиями:

- 1) если значение ячейки равно 0, цвет фона установить бледно-зеленым, цвет текста — темно-зеленым;
- 2) если значение ячейки равно 1, цвет фона установить красным, цвет текста — черным.

Применить для ячеек выходных данных (столбцов В, С и т. д. от строки 2 и ниже) условное форматирование со следующими условиями:

- 1) если значение ячейки равно 0, цвет текста и цвет фона установить бледно-зеленым;
- 2) если значение ячейки равно 1, цвет текста и цвет фона установить красным.

Задание на работу с моделью

1. Ввести в ячейку В3 формулу, определяющую возможность заражения данного человека при его контакте с тремя другими людьми (ближайшими «соседями» слева):

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(А2*СЛЧИС()>(1-$$1);А3*СЛЧИС()>(1-$$1); А4*СЛЧИС()>(1-$$1));1;0)$$

2. Распространить эту формулу вниз на ячейки В4, В5 и т. д. до предпоследней используемой вами строки.
3. Распространить указанную выше формулу из ячейки В3 в ячейку В2 (в этой ячейке будет выдано сообщение об ошибочном значении). Изменить формулу в ячейке В2, удалив из содержащегося в ней набора условий в логической функции ИЛИ первый компонент:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(А2*СЛЧИС()>(1-$$1);А3*СЛЧИС()>(1-$$1); А4*СЛЧИС()>(1-$$1));1;0)$$

В результате формула должна иметь вид:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(А2*СЛЧИС()>(1-$$1);А3*СЛЧИС()>(1-$$1));1;0)$$

4. Распространить формулу в ячейку столбца В, расположенную в последней используемой вами строке. Изменить эту формулу, удалив из содержащегося в ней набора условий в логической функции ИЛИ последний компонент:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(A2*СЛЧИС(>(1-\$F\$1);A3*СЛЧИС(>(1-\$F\$1);A4*СЛЧИС(>(1-\$F\$1)));1;0)$$

В результате формула должна иметь вид:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(A31*СЛЧИС(>(1-\$F\$1);A32*СЛЧИС(>(1-\$F\$1)));1;0)$$

5. Распространить содержимое ячеек столбца В начиная со строки 2 и до последней используемой вами строки вправо до последнего используемого вами столбца.
6. Задать вероятность заражения равной 10%. Выборочно изменить состояние одной из ячеек столбца А с 0 на 1. Убедиться*, что эта ячейка изменила свой цвет с зеленого на красный и что при этом ячейки столбцов В, С и т. д. свое состояние не изменили (либо изменилось состояние немногих ячеек), т. е. наличие одного заболевшего при низкой вероятности заражения практически не опасно для окружающих.

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К
1	Вероятность заражения:					10%					
2	0										
3	0										
4	0										
5	0										
6	0										
7	0										
8	0										
9	0										
10	0										
11	0										
12	1										
13	0										
14	0										
15	0										
16	0										
17	0										

* В данном случае речь идет о *стохастическом моделировании* (моделировании случайных событий, происходящих с заданной вероятностью, что имитируется при помощи генератора случайных чисел). Поэтому конкретное состояние модели при указанных параметрах может отличаться от указанного, хотя общие тенденции его изменения будут сохраняться. Для изменения генерируемых случайных значений достаточно щелчком мыши в любой неиспользуемой ячейке войти в режим ее редактирования, а затем, не меняя содержимое этой ячейки, выйти из режима ее редактирования щелчком мыши на любой другой ячейке.

7. Увеличить количество «исходно заболевших людей», изменив содержимое с 0 на 1 еще нескольких соседних с ранее измененной ячеек в столбце А. Убедиться, что при том же самом значении вероятности заражения рост количества больных в коллективе заметно увеличивает риск дальнейшего распространения заболевания.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Вероятность заражения:					10%					
2	0										
3	0										
4	0										
5	0										
6	0										
7	0										
8	0										
9	0										
10	0										
11	0										
12	1										
13	1										
14	1										
15	1										
16	1										
17	0										
18	0										
19	0										
20	0										

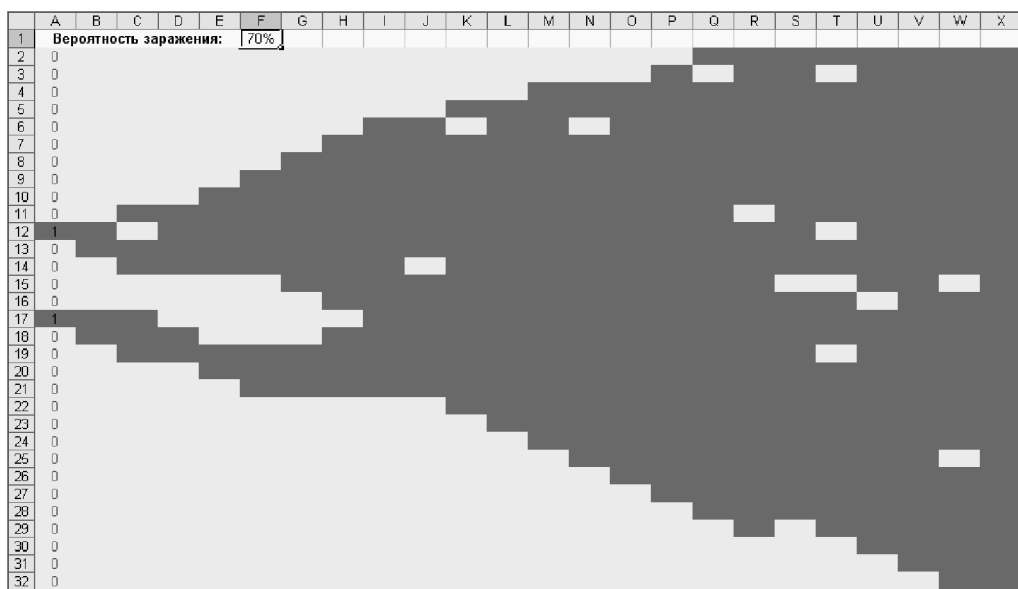
8. Увеличить значение вероятности заражения до 30%. Убедиться, что при этом возникает некоторая динамика распространения заболевания, но массовой эпидемии не происходит (случаи заболеваний постепенно сходят на нет).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Вероятность заражения:					30%					
2	0										
3	0										
4	0										
5	0										
6	0										
7	0										
8	0										
9	0										
10	0										
11	0										
12	1										
13	1										
14	1										
15	1										
16	1										
17	0										
18	0										
19	0										
20	0										

9. Увеличить значение вероятности заражения до 40%. Убедиться, что при этом возникает устойчивое распространение заболевания (количество заболевших при каждом акте заражения примерно одинаково).



10. Убедиться, что при дальнейшем увеличении значения вероятности заражения этот процесс начинает носить лавинообразный характер.



11. Поэкспериментировать самостоятельно, выбирая различное число изначально заболевших (ячейки ряда А) и задавая разные значения вероятности заражения. Постараться определить примерные значения вероятности заражения, при которых возникает массовая эпидемия.

Материал для учителя

Формулы

Формула, определяющая возможность заражения данного человека при его контакте с тремя другими людьми (ближайшими «соседями» слева), имеет вид:

$$=ЕСЛИ(ИЛИ(A2*СЛЧИС()>(1-$$F$1);A3*СЛЧИС()>(1-$$F$1);A4*СЛЧИС()>(1-$$F$1));1;0)$$

	A	B	C	D	E	F
1		Вероятность заражения:				70%
2	0					
3	0					
4	0					
5	0					

(Показано содержимое экрана при использовании для ячейки В3 опции Сервис, Зависимости формул, Влияющие ячейки.)

Разберем структуру этой формулы.

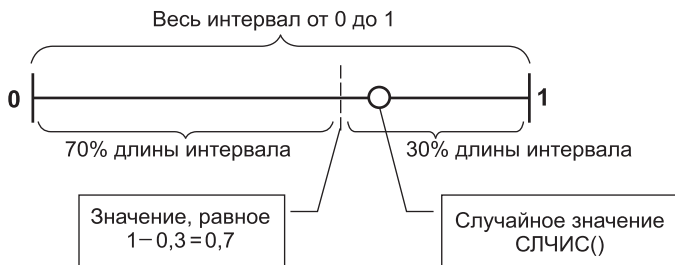
- 1) Для каждой ячейки из числа «соседей слева» определяется возможность передачи «заболевания» от нее к данной ячейке. При этом учитывается случайный характер этого процесса с заданной вероятностью. Например, для ячейки А2 соответствующий компонент формулы имеет вид:

$$A2*СЛЧИС()>(1-$$F$1)$$

Здесь для моделирования совершения случайного события используется функция СЛЧИС(), возвращающая случайное числовое значение из диапазона от 0 до 1.

Умножение этого случайного значения на содержимое ячейки А2 позволяет использовать состояние этой ячейки в качестве «флага»: если она содержит 0, то тем самым «выключает» дальнейшее вычисление случайного события, а значение 1 не меняет полученное случайное число.

Далее полученное произведение (нуль или случайное число из диапазона от 0 до 1) сравнивается с заданной вероятностью (абсолютная ссылка на ячейку, учитывая дальнейшее распространение формулы на другие ячейки). При этом запись $(1-\$F\$1)$ имеет следующий смысл (см. рисунок — пример для значения вероятности, равного 30%).



Очевидно, что если сгенерированное случайное значение СЛЧИС() (считая генерацию таких случайных чисел равновероятной) больше, чем величина $(1 - \langle \text{заданное значение вероятности} \rangle)$, то вероятность того, что соответствующая случайная точка попадет на правый отрезок (от значения $(1 - \langle \text{заданное значение вероятности} \rangle)$ до единицы) как раз соответствует заданной величине вероятности. Если же при этом значение проверяемой ячейки (A2) будет равно нулю, то обнуление в результате умножения полученного случайного числа сделает гарантированным невыполнение заданного условия «заражения».

Аналогично, соответствующие компоненты для двух других «соседних» ячеек (A3 и A4) имеют вид:

$$A3 * \text{СЛЧИС()} > (1 - \$F\$1)$$

и

$$A4 * \text{СЛЧИС()} > (1 - \$F\$1)$$

- 2) Возможности «заражения» текущей ячейки от каждой из «соседних» с ней ячеек можно рассматривать как независимые события. Поэтому три указанных выше компонента, описывающих возможность «заражения» от каждой из «соседних» ячеек в отдельности, мы объединяем при помощи логической функции ИЛИ:

$$\text{ИЛИ}(A2 * \text{СЛЧИС()} > (1 - \$F\$1); A3 * \text{СЛЧИС()} > (1 - \$F\$1); A4 * \text{СЛЧИС()} > (1 - \$F\$1))$$

- 3) Полученная формульная конструкция возвращает логическое значение (ИСТИНА или ЛОЖЬ). Чтобы преобразовать его в требуемое нам числовое обозначение состояния ячейки (0 — здоров, 1 — болен), используется «обрамляющая» функция ЕСЛИ, записывающая в текущую ячейку, соответственно, значение 1 или 0.

- 4) Полученная функция распространяется на все «рабочие ячейки» столбцов В, С и т. д. При этом для «краевых» ячеек строки 2 и последней используемой строки таблицы нужно откорректировать формулы, исключив из них компоненты, соответствующие «соседним» слева ячейкам вне «рабочего диапазона» (для строки 2 исключается первый компонент, анализирующий состояние ячейки в строке 1, а для последней строки — третий компонент, анализирующий состояние ячейки в строке, следующей после последней).

Для получения визуального эффекта для «рабочих» ячеек применяется условное форматирование, цель которого — окрасить в зеленый цвет «незараженные» ячейки и в красный — «зараженные», одновременно скрыв их содержимое (за счет одинакового цвета текста и фона), кроме ячеек столбца А.

Выходные данные

Имя диапазона / ячейки	Содержимое
Столбцы начиная с В от строки 2 и ниже (любое количество, уместящееся на экране; ширину столбцов выбрать равной 5)	Состояние других групп наблюдаемых людей в ходе распространения заболевания с течением времени (по порядку следования столбцов слева направо)

Возможный вид таблицы при заданном значении вероятности заражения, равном 70%, и двух изначально «зараженных» ячейках:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Вероятность заражения:					70%																		
2	0																							
3	0																							
4	0																							
5	0																							
6	0																							
7	0																							
8	0																							
9	0																							
10	0																							
11	0																							
12	1																							
13	0																							
14	0																							
15	0																							
16	0																							
17	1																							
18	0																							
19	0																							
20	0																							
21	0																							
22	0																							
23	0																							
24	0																							
25	0																							
26	0																							
27	0																							
28	0																							
29	0																							
30	0																							
31	0																							
32	0																							