

1 Описание игры

Рассмотрим два поля размера $L \times L$, на которых агенты играют в модификацию игры со средним полем с выигрышами b_1 и b_2 соответственно. Плотность кооператоров на полях равна f_1 и f_2 . Модификация игры заключается в том, что вместо игры со средним кооператором на этом же самом поле, он играет против среднего кооператора с другого поля. (В таблице 2 представлен выигрыш агента с поля 1, при игре против агента с поля 2)

Таблица 1: Выигрыш агента при игре с соседями

		Агент	
		\mathcal{D}	\mathcal{C}
Сосед	\mathcal{D}	0	0
	\mathcal{C}	b_1	1

Таблица 2: Выигрыш агента с первого поля при игре против среднего кооператора со второго поля

		Агент	
		\mathcal{D}	\mathcal{C}
Сосед	\mathcal{D}	0	0
	\mathcal{C}	$b_1 f_2$	f_2

2 Как считались данные

Для моделирования было сгенерировано 40 различных пар начальных полей 100×100 с начальной плотностью кооператоров равной 0.9. В каждой паре полей оба поля были идентичными. Моделирование проводилось на парах (b_1, b_2) , где $b_2 \geq b_1$ и b_1, b_2 брались из интервала $[0.9, 2.0]$. Значение $\frac{f_1 + f_2}{2}$ рассчитывалось как средняя плотность 40 полей с 10000 до 16000 шага. Так как оба поля в начальный момент времени совпадают, то поведение на первом и втором поле при параметрах (b_1, b_2) будет совпадать с поведением на втором и первом поле соответственно при параметрах (b_2, b_1) , что было использовано при моделировании.

3 Что не ожидаем увидеть?

Для начала обсудим, какие значения $\frac{f_1 + f_2}{2}$ мы **не ожидаем** увидеть. Так как плотность кооператоров на первом поле зависит от распределения кооператоров на поле и плотности кооператоров на втором поле, то f_1 должно отличаться от плотности, если бы поля "не взаимодействовали". Аналогичные рассуждения верны для f_2 . Предположим что это не так, тогда $\frac{f_1 + f_2}{2}$ будет принимать значения, показанные на рис. 1

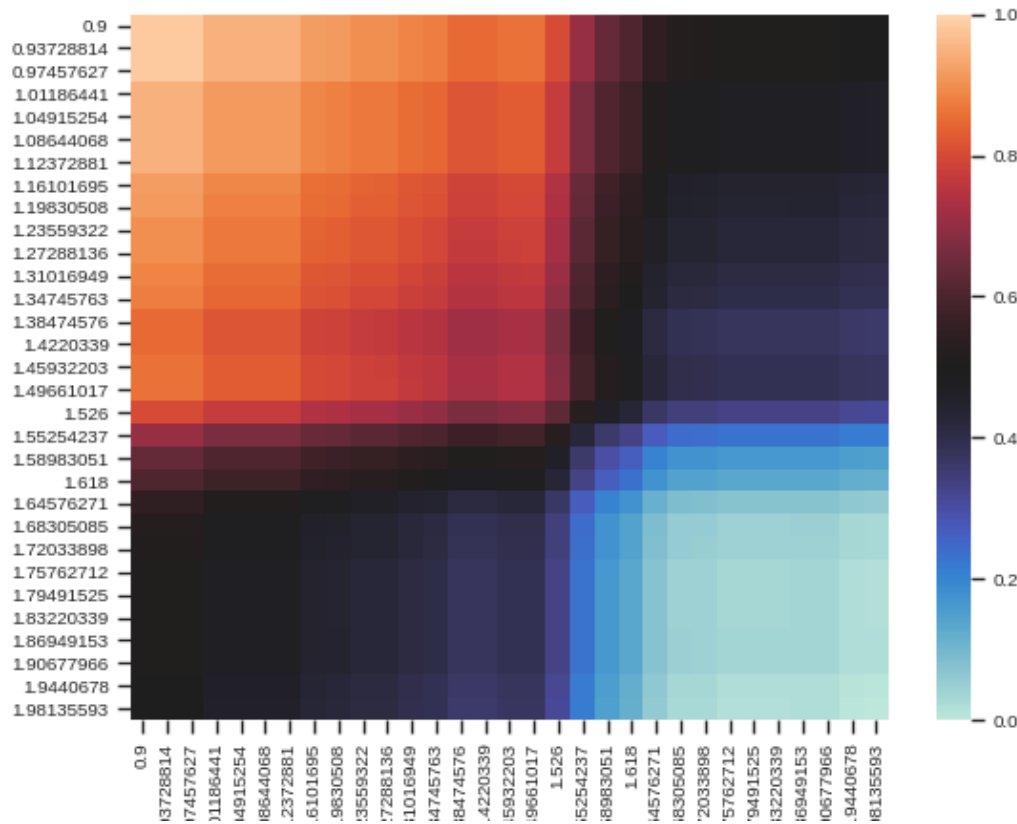


Рис. 1: Средняя плотность кооператоров на несвязанных полях. Цветом отмечена средняя плотность на двух полях. Данные показаны для точек, отличных от точек на других рисунках.

4 Что получилось

На рисунках 2, 4 и 5 показана зависимость $\frac{f_1+f_2}{2}$ от параметра выигрыша. При сравнении рис. 1 и 2 хорошо видно, что при игре на связанных полях происходит более резкий переход, в сравнении с игрой на несвязанных полях. Особенно хорошо переход виден на рис. 5¹. Для более конкретных выводов требуются данные из большего числа точек.

На рис. 3 показана плотность на первом и втором полях. Можно заметить, что при "больших" и "маленьких" значениях выигрыша, плотность кооператоров на соответствующем поле не зависит от выигрыша на другом. На рис. 6 показана плотность кооператоров на первом поле.

¹Почему-то в первый раз форма графика напомнила висячие сады или фермы в горах(не помню название технологии)

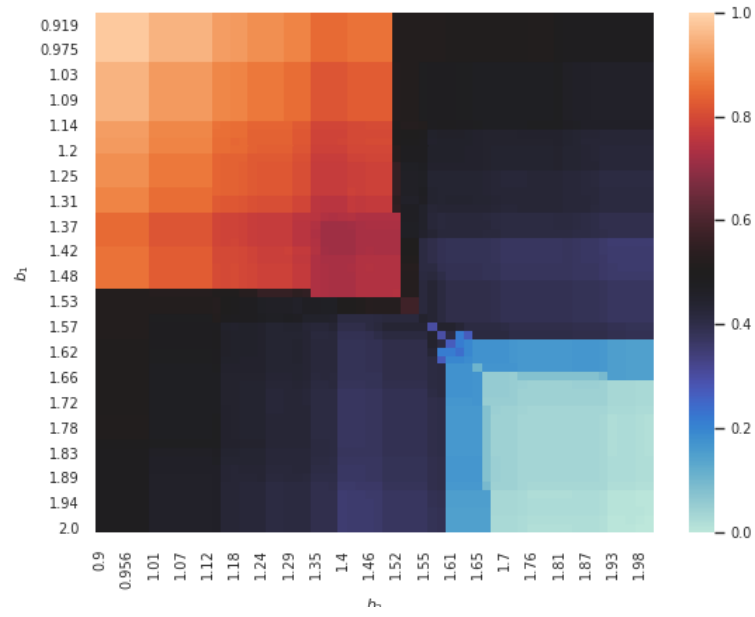


Рис. 2: Средняя плотность кооператоров на **связанных** полях. Цветом отмечена средняя плотность на двух полях. b_1 по вертикали, b_2 по горизонтали.

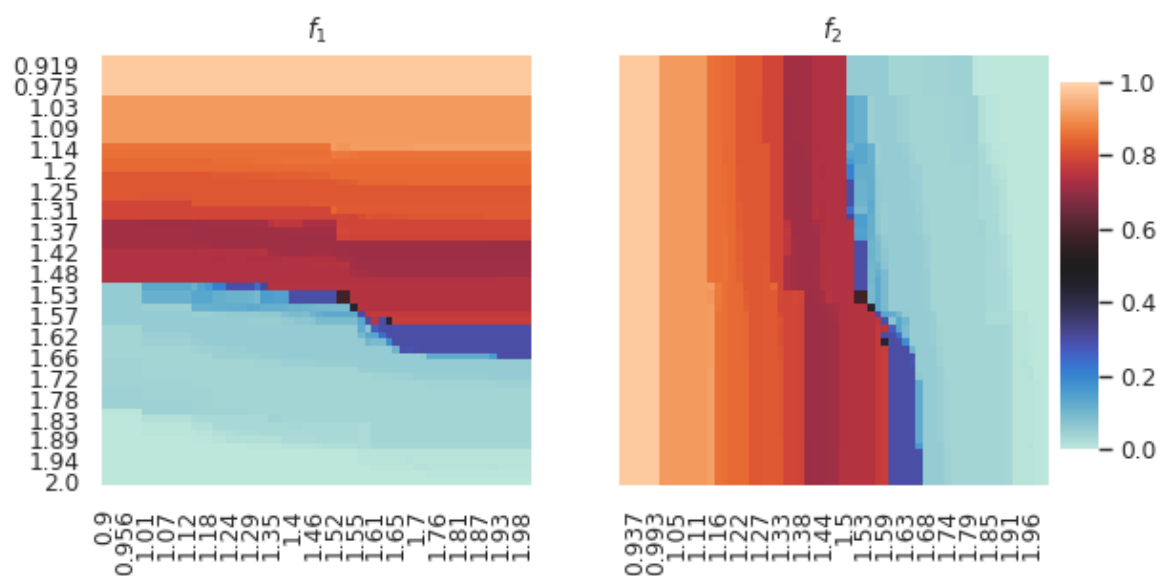


Рис. 3: Плотность кооператоров на первом и втором поле. b_1 по вертикали, b_2 по горизонтали.

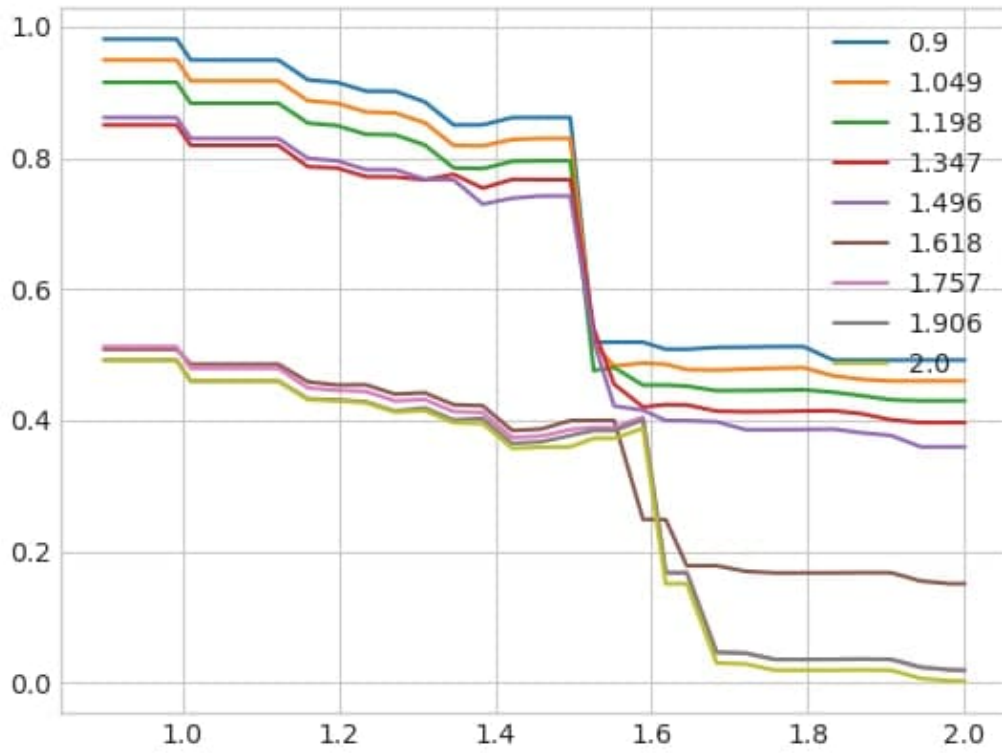


Рис. 4: Зависимость средней плотности кооператоров от b_2 при фиксированном значении b_1 .

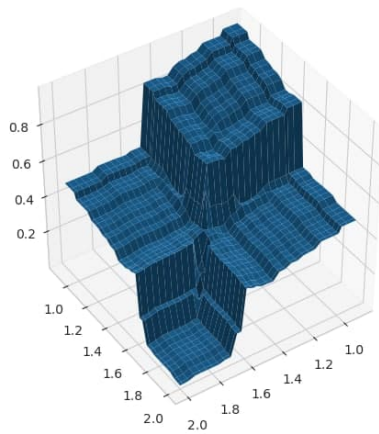


Рис. 5: Средняя плотность кооператоров на связанных полях. Тоже самое, что и рис. 2, но визуализированное по другому.

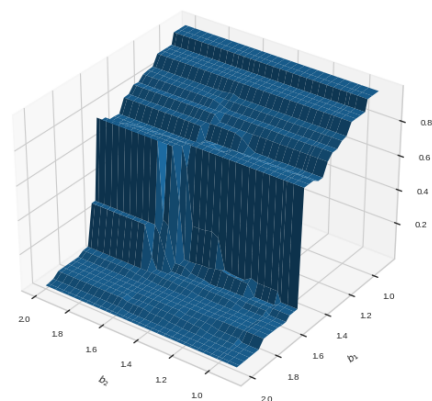


Рис. 6: Плотность кооператоров на первом поле.

5 Persistence

Чтобы посмотреть на поведение игры при различных значениях выигрыша мы посчитали persistence. Полученные данные отображены на рис. 7. Около крайних значений параметра выигрыша(0.9, 2) значение *persistence* на поле никак не зависит от выигрыша на другом поле, но при остальных значениях от параметра выигрыша на втором поле зависит наличие хаотического режима на первом поле и наоборот.

На рис. 8 показана зависимость *persistence* на втором поле от b_2 при некоторых значениях b_1 . При определенных значениях b_1 можно наблюдать возникновение хаотического режима в одной точке. Чтобы прояснить поведение в данной точке было взято несколько значений b_1 вокруг данной точки и для них был посчитан persistence при 1000, 2000, 10000 и 15000 шагах. Я не привожу графики для последних трех, так как они полностью совпадают с 1000.(рис. 9)

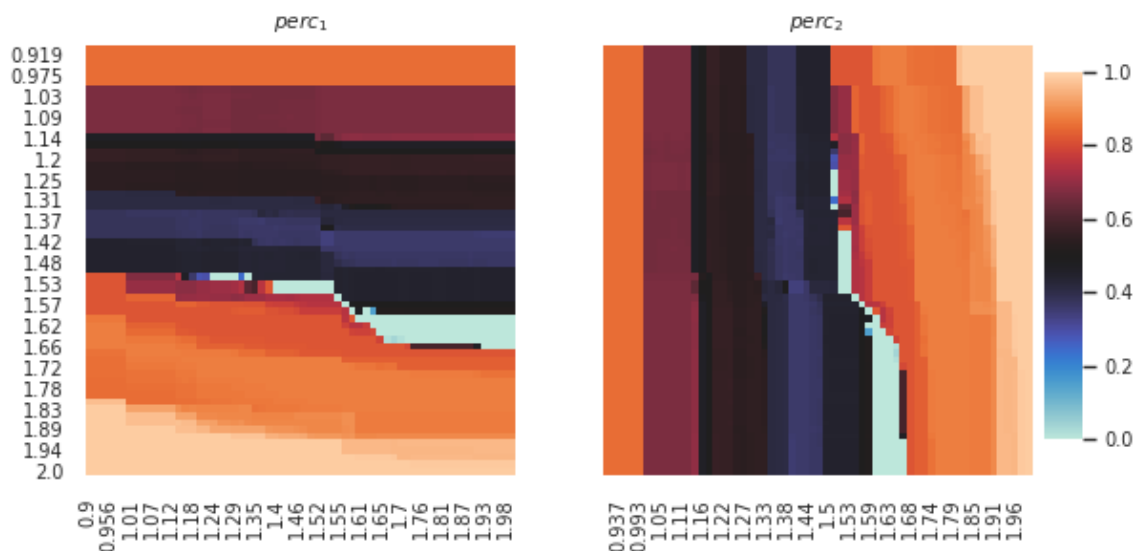


Рис. 7: persistence на первом и втором полях.

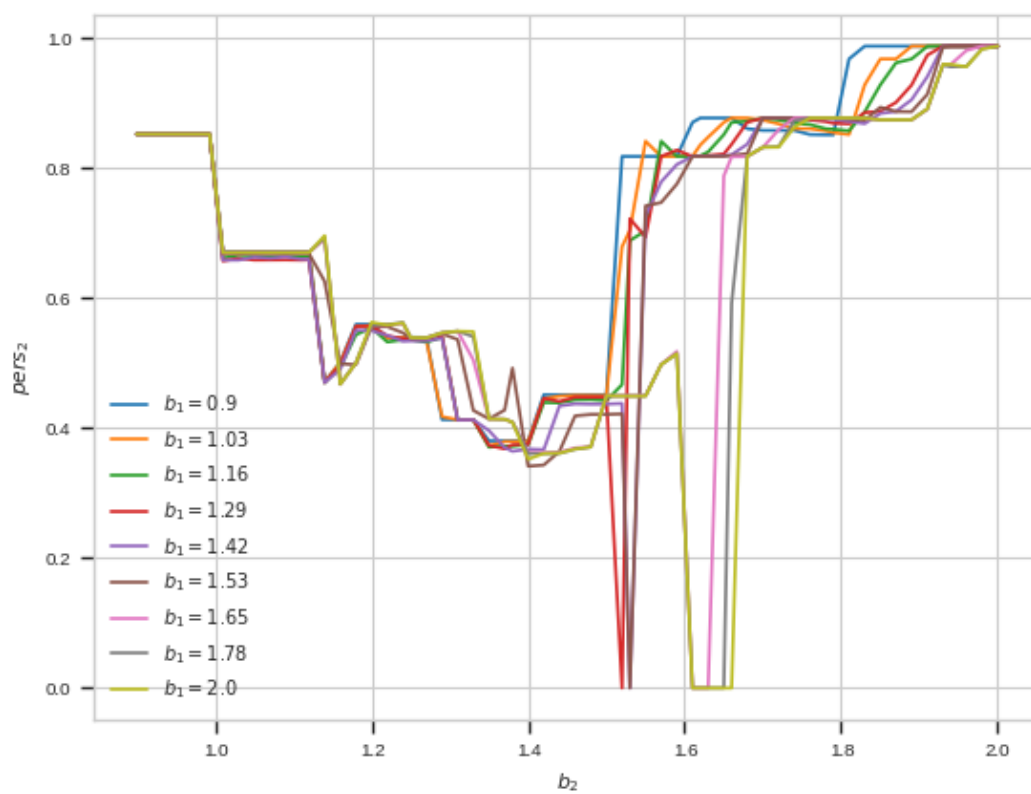


Рис. 8: persistence на втором поле при различных b_1 .

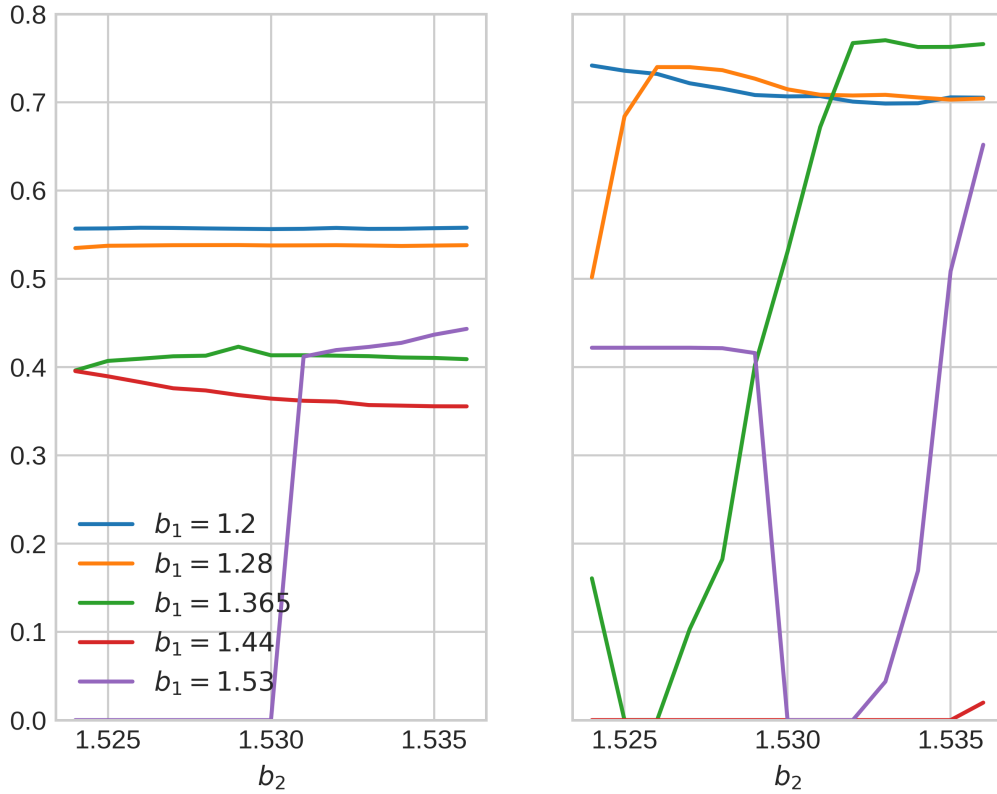


Рис. 9: persistence на первом и втором поле при различных b_1 около $b_2 = 1.53$.

5.1 Смена persistence

Наиболее интересным случаем для рассмотрения является $b_1 = 1.53$. При $b_2 < 1.53$ на первом поле агенты находятся в "хаотическом режиме" с крупными кластерами кооператоров (синие), в то время как на втором поле дефекторы образуют сеть каналов, с крупными кластерами кооператоров. При $b_2 = 1.53$ агенты на обоих полях находятся в хаотическом режиме с небольшими кластерами кооператоров и дефекторов. При $b_2 > 1.53$ ситуация на полях меняется и на первом поле дефекторы образуют сеть каналов, а на втором поле агенты находятся в хаотическом режиме с крупными кластерами кооператоров. (рис. 11)

Похожий переход для значения $b_1 = 1.56$ представлен ниже (см. 6.1)

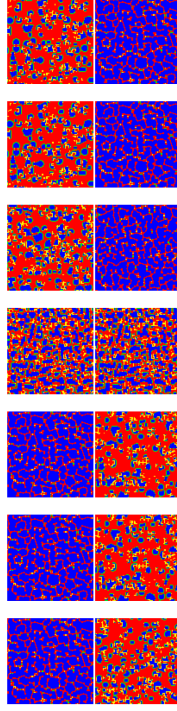


Рис. 10: Окрашенные поля при $b_1 = 1.53$ и $b_2 = 1.527, 1.528, 1.529, 1.53, 1.531, 1.532, 1.533$

6 Конфигурации поля

Так как существуют значения (b_1, b_2) при которых persistence не 0 и не 1 одновременно, было интересно посмотреть на конфигурации при различных значениях выигрыша. На рис. 11 показаны конфигурации поля на большом времени при $b_1, b_2 \in \{0.9, 1.24, 1.4, 1.55, 1.7, 1.98\}$. Предварительно нельзя говорить о появлении каких-либо новых конфигураций по сравнению с обычной игрой со средним полем.

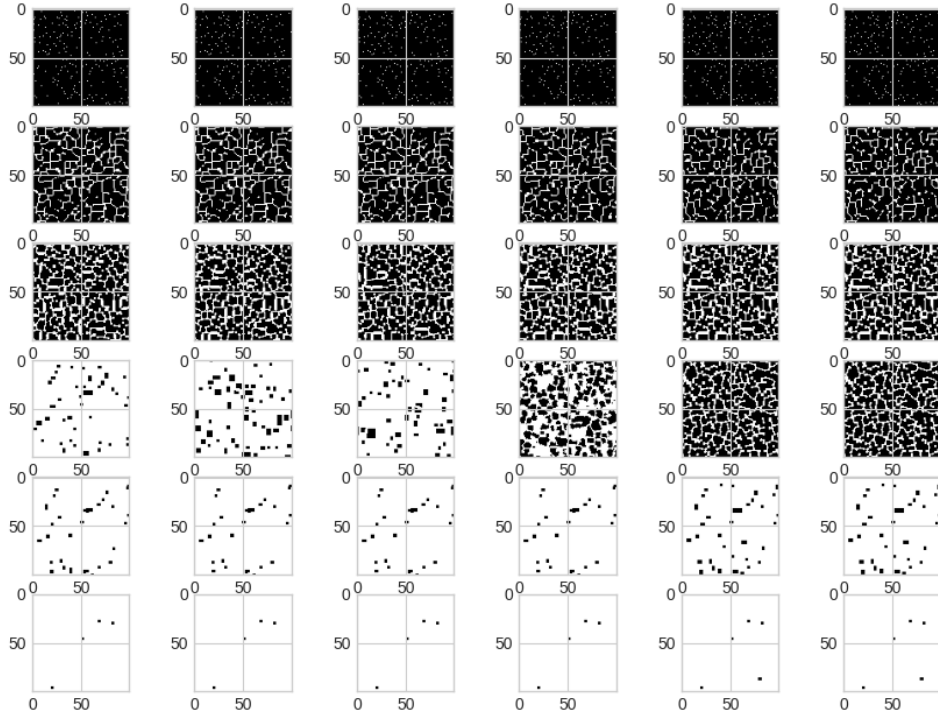


Рис. 11: Конфигурации поля.

6.1 Еще пример изменения конфигураций

На рис. 13 показаны поле 1 и 2 при различных значениях b_2 . Как видно из рисунка, при $b_2 \neq b_1$, на обоих полях наблюдаются устойчивые конфигурации, причем при $b_2 < b_1$, на первом поле кооператоры образуют прямоугольные кластеры, а на втором дефекторы образуют сеть каналов с крупными кластерами кооператоров. При $b_2 = b_1$ на обоих полях агенты находятся в хаотическом режиме.

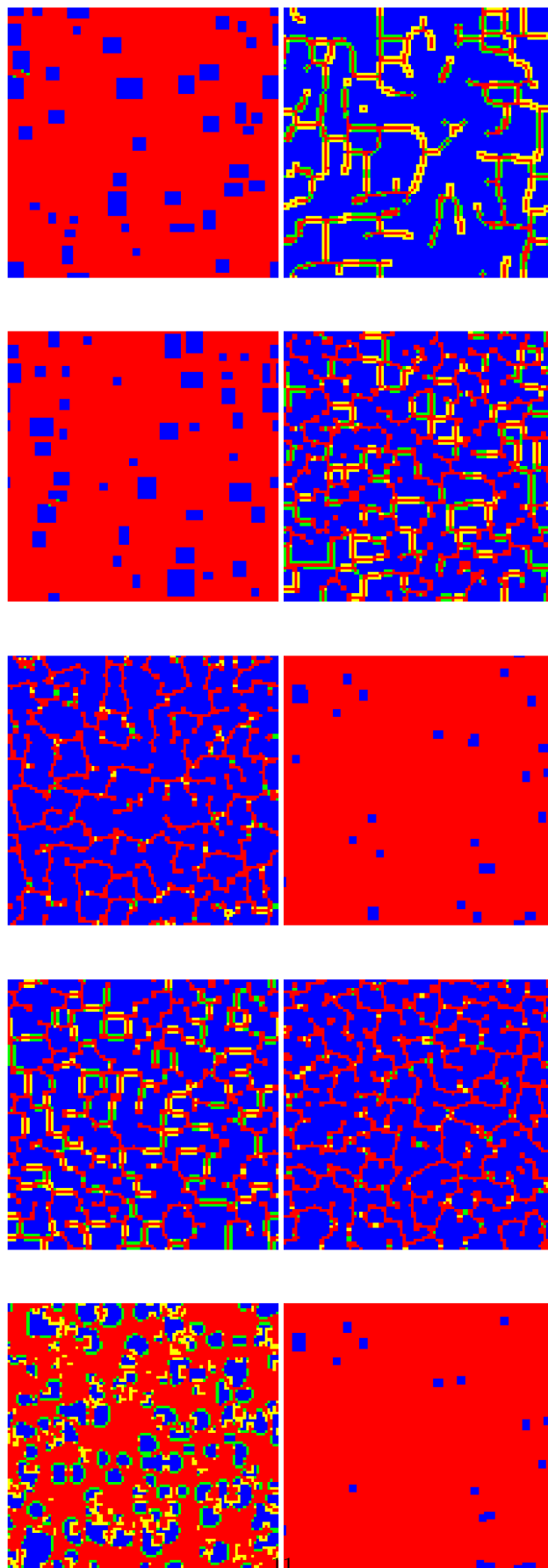


Рис. 12: Окрашенные поля при $((1.53, 1.38), (1.56, 1.46), (1.56, 1.7), (1.37, 1.46), (1.6, 1.8))$.

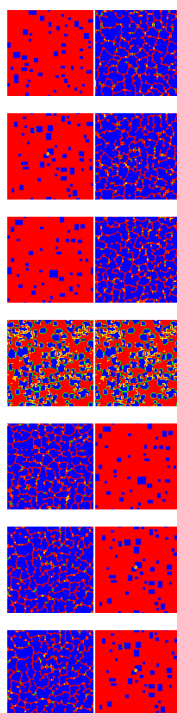


Рис. 13: Окрашенные поля при $b_1 = 1.56$ и $b_2 = 1.557, 1.558, 1.559, 1.56, 1.561, 1.562, 1.563$