

В 32 из 50 случаев Автомата с $N = 12$ и имеющих T меньше 20000, «лямбда» распределилась следующим образом. Для 19 – лямбда равняется 2, 11 – 3, 1 – 4, 1 – 5. Причём случай с $\lambda = 4$ – это как раз наше видео.

Похоже, что редкие случаи с большими лямбда коррелируют со «сложным поведением». Какой-то зависимости лямбды от T , как и в случае двух измерений, напротив, не прослеживается.

2.4. «X- проблема числа три»

Повторим обозначения, которые мы ввели в Главе 1.

АЧТ идущие с сохранением ИТЗ и с λ не равной 0 назовём **qH** событиями (quasi Hit) – **почти** точными попаданиями. (Случаи, скажем заранее, в подавляющем большинстве – центрально симметричных масок).

АЧТ идущие с сохранением ИТЗ и с $\lambda = 0$ назовём **H** событиями (Hit) – **точными** попаданиями. (Случаи – в большинстве – не центрально симметричных масок).

Случаи точно- **точных** попаданий обозначим литерами **PP** (point to point). А точно- **неточных** попаданий литерами **PnP**.

АЧТ для которых ИТЗ нарушается, будем обозначать литерой **N**.

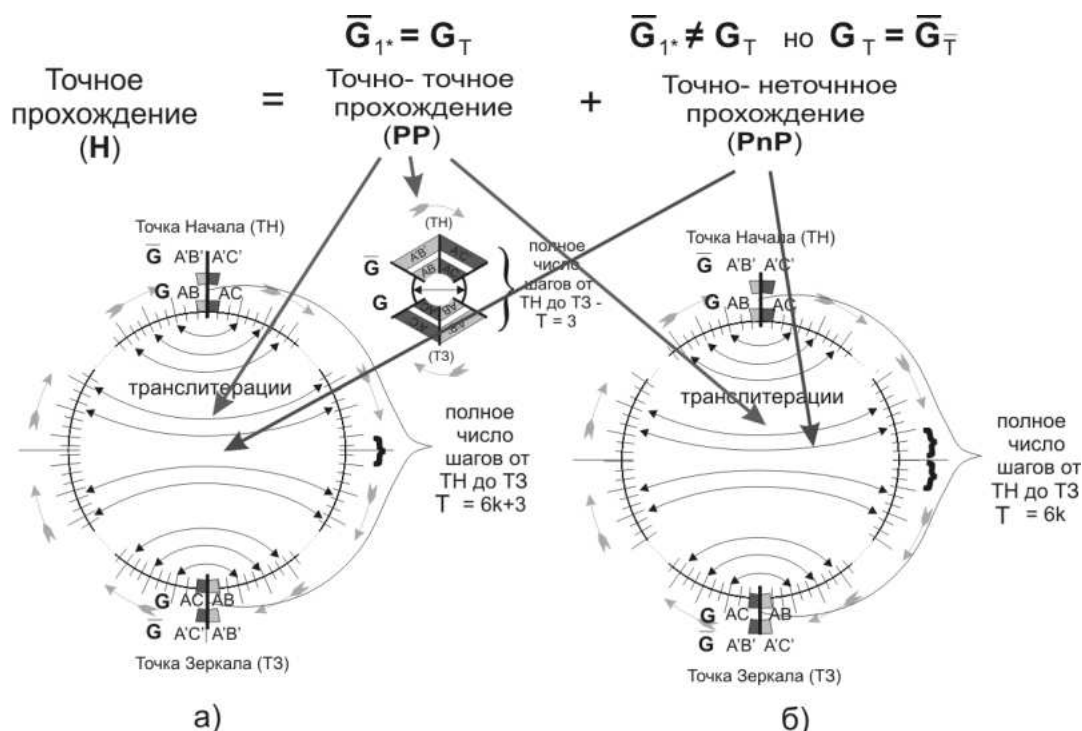


Рис. 2.18. Точные прохождение (H) солитона делится на: точно– точное (PP прохождение) и точно– не точное (PnP прохождение). Они, в свою очередь, делятся на события с T – не чётными (рисунок а) и T – чётным (рисунок б).

Перейдём к результатам компьютерного моделирования.

И... что удивительно! Правильных СЛАБО вычислимых масок, по видимому, большинство?! Скажем грубо, в одном измерении, правильные(?) – все центрально симметричные маски и «примерно половина» не центрально симметричных. В двух измерениях, ситуация даже ещё усугубляется. Теперь правильные(?), это, тоже: все – центрально симметричные и (уже!) «почти все» не симметричные. Дальше... ???).

Но прежде, чем подтвердить своё наблюдение рисунками, отметим ещё одно обстоятельство.

Компьютерное моделирование показывает, что для сохранения ИТЗ замыкать нашу линейку в кольцо (двумерную площадку в тор и так далее) не обязательно. Но, опять– таки, оно говорит, что «не замыкание» в тор– линейку приводит к очень существенному увеличению величины Т. При наших величинах длин линейек и сторон площадок в двух измерениях – раз в 30– 50! А это очень не удобно для домашнего компьютера. Поэтому давайте, в любом случае, считать, что наши линейки, по умолчанию, в одном измерении замкнуты в кольцо, а наши площадки, в двух измерениях, в тор

И смотрим на рисунок 2.19.

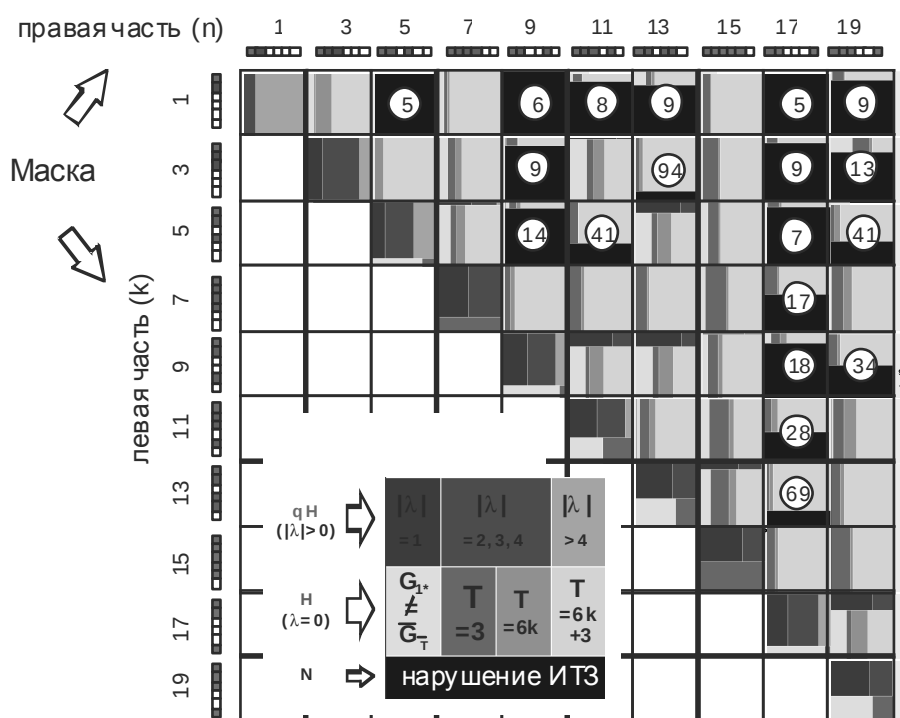


Рис. 2.19. Результаты испытаний правильных(?) и не правильных простых СЛАБО вычислимых одномерных масок, на предмет сохранения ИТЗ. По вертикали – число, часть маски «слева» от центральной точки, по горизонтали – «справа». В кружке масок нарушающих ИТЗ – среднее время до первого нарушения. Все остальные маски правильные(?). Во всяком случае, за 1000 рассмотренных случаев (для каждой из них), ни одного исключения обнаружено не было.

Давайте чуть подробнее расскажем, как мы его получили. Хотя, по сути, это и не особо важно!..

В первую очередь задаём случайную длину линейки (L) замкнутой в кольцо. Выбираем её случайно, с равными вероятностями от 20 до 40. Обозначаем её – L . Далее выбираем случайное число, так же с равными вероятностями, от 2 до $L/2$. И кидаем на линейку из клеток A данное число клеток B . Попадёт одна на одну – ну и ладно! Назовём это раскраской G . В ней меньше половины клеток B (в дополнительной раскраске их, тем самым, их будет больше). Отдельно проводились испытания и для «коррелированных» клеток B стоящих рядом. Результаты получились аналогичными.

Берём соответствующую маску и разыгрываем 1000 таких событий. На каждом шаге проверяем, не нарушается ли Инвариант Точного Заполнения. Если он нарушился, то записываем данное событие как «N» и прекращаем испытание (в данном случае)! Переходим к следующему. Берём граничное число шагов для поиска ТЗ – 1 000 000. Этого, при наших размерах линеек, оказалось всегда достаточно.

Распределяем события по трём группам (qN , H , N) и изображаем их соответствующим цветом в ячейке. (См. рис. 2.19).

qN – почти точные попадания ($|\lambda| > 0$), изображаем тремя оттенками красного. ($|\lambda| = 1$ – тёмно-красный; $|\lambda| = 2, 3, 4$ – красный; $|\lambda| > 4$ – светло-красный).

H – точные попадания ($\lambda = 0$) изображаем жёлтым, если это (PnP) точно- неточное попадание. И тремя оттенками зелёного для точно- точного. (События, которые имеют $T = 3$ – тёмно- зелёным. События, из оставшихся, с чётными T – просто зелёным. С не чётными T – светло зелёным).

Нарушающие ИТЗ события (**N**), обозначаем синим цветом.

Количество событий в процентах пропорционально площади под каждой из литер.

Поговорим сейчас немного о временах возвращения.

На рисунке 2.20 представлены конкретные результаты испытаний (как они получились на компьютере) для двух масок:

одна из них – симметричная. Маска (11,11)...

а вторая – не симметричная, «точно- точная», без большого вклада «точно- неточных». Маска (3,5).

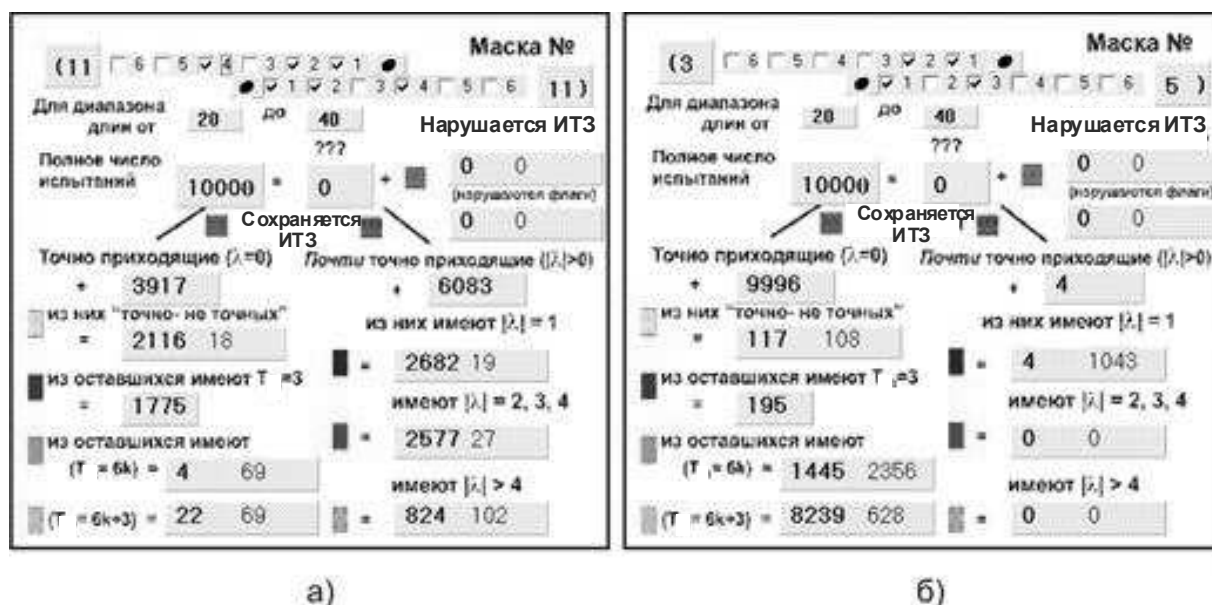


Рис. 2.20. Результаты испытаний для маски (11,11) – рисунок а). И маски (3,5) – рисунок б).

В каждом прямоугольнике для данной категории стоят две цифры. Первое число, жирным шрифтом – количество (из 1000 испытаний) событий, которое попало в эту категорию. Второе число, обычным шрифтом – среднее время возвращения (берём одну раскраску G) для данной категории. Это – для всех прямоугольников, за исключением «синих». О них чуть ниже.

На рисунке 2.20б видно, что «в оставшемся» (не принимая во внимание случаи с $T = 3$) числе точно-точных попаданий, число событий с нечётными T в несколько раз больше чем число событий с чётными.

А среднее время, наоборот: в несколько раз большее у событий с чётными T .

Это – более-менее общий вывод для всех Автоматов, с любыми масками. И в одном измерении и в двух.

Примерно тот же расклад имеют и точно-неточные события. (Данные не приводятся). Так же видно, (тоже, «по-видимому», но очень вероятно!) что всегда существует маленький «довесок» из точно-точных попаданий (с T не равным 3) для любой симметричной маски, и, аналогично, маленький довесочек из почти точных попаданий для любой не симметричной.

Перейдём к классификации масок нарушающих ИТЗ. Она немножко путаннее, из-за большого количества разных кодов нарушений.

НАРУШАЕТСЯ ИТЗ

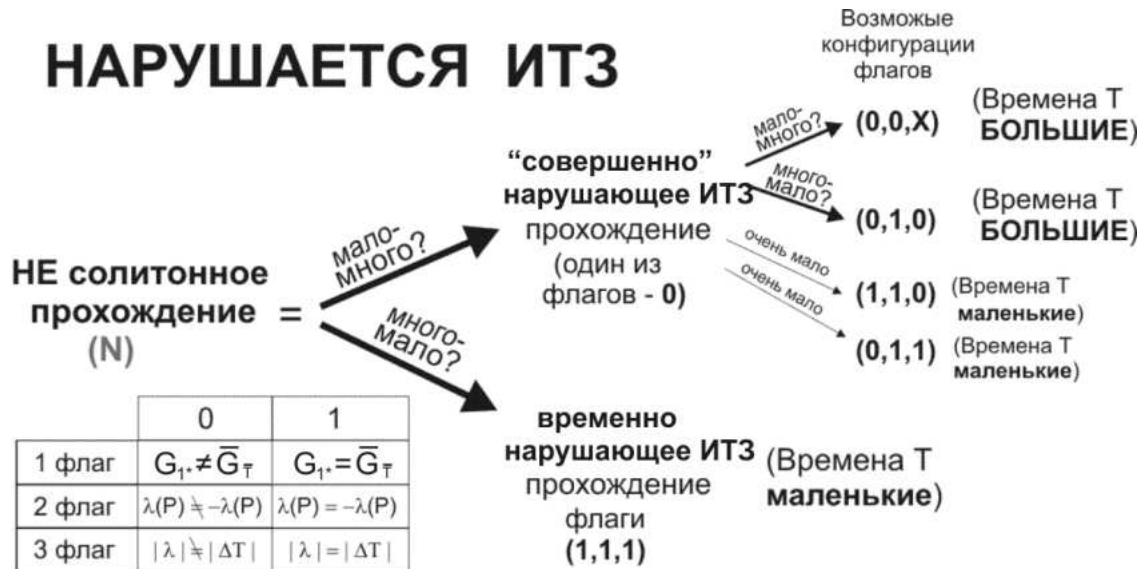


Рис. 2.21. Классификация прохождений нарушающих ИЗС. После достижения ТЗ обеими раскрасками мы проверяем ещё и три наших «флага». Вдруг они совпадают «правильными»?

На рис. 2.21 приведена классификация прохождений нарушающих ИЗС.

Они делятся, в общем случае, на «совершенно нарушающие ИТЗ» (один из флагов = 0), и, «временно» (все флаги = 1).

Самое интересное, что эти странные события (для которых ИТЗ на некоторое время разрушается, но потом снова собирается, и сводит свои флаги в единицу) для некоторых масок достаточно часты! (Например для маски (3,13). В двух измерениях такие события тоже иногда происходят. Среднее время Т для них, условно говоря (в сравнении), мало.

Далее... «совершенно» нарушающие ИТЗ прохождения всегда делятся на две большие и очень характерные группы.

Группу, в которой второй флаг равен 0 или равен 1. Это группы с БОЛЬШИМИ или ОЧЕНЬ БОЛЬШИМИ средними временами Т. (Среднее время в первой группе немного больше, чем во второй). Обычно обе группы сравнимы по размеру. Может быть одна группа больше? Может быть, другая?

И ещё случаются (очень редко) события с флагами (1,1,0) и (0,1,1). Что характерно, тоже с маленькими средними Т. Получается, что из всех возможных вариантов кодов, автор не наблюдал только вариант (1,0,X).

На рисунке 2.22 мы представили конкретные результаты испытаний для двух масок нарушающих ИТЗ. Маски (1,5). И маски, о которой мы только что говорили. Маске (3,13).

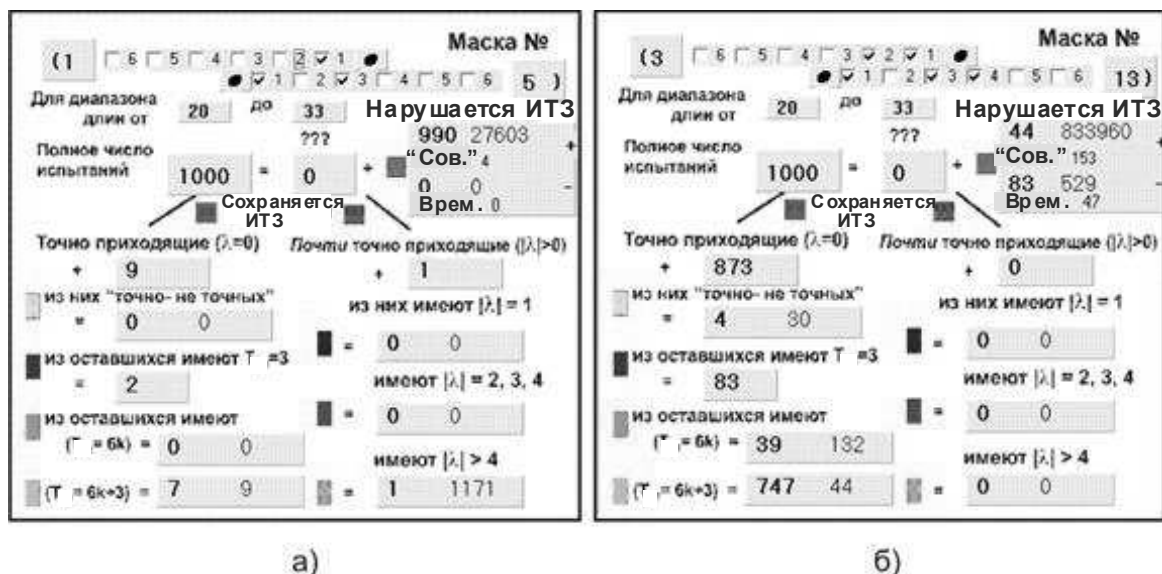


Рис. 2.22. Результаты испытаний не правильных масок. Видно, насколько для них средние времена прохождений больше, чем для правильных. Автору пришлось уменьшить верхнюю границу длин наших линеек (L) до 33. Иначе некоторые события не вернулись бы за граничные 1 000 000 шагов. Для нарушающих ИТЗ событий приведены два средних времени. Вверху – полное среднее время возвращения. Внизу – время до первого нарушения ИТЗ.

Видно, что не правильные маски иногда возвращаются во многом «случайно». Так как среднее время нарушения, тоже, достаточно велико. ИТЗ ещё «не успел» нарушиться, а Автомат уже «успел возвратиться»!

Перейдём в два измерения. Автор объединил одно и два измерения, потому что результаты компьютерного моделирования на удивление похожи!

Саму «X проблему числа 3» можно представить в двух видах: «большом» и в «малом».

В «большом» – это составить классификацию всех масок на правильные и нет, и доказать это.

А в «малом» – доказать, что все центрально симметричные и СЛАБО вычислимые маски – правильные. (Естественно, если это так!)

Как всегда, наша площадка замкнута в тор.

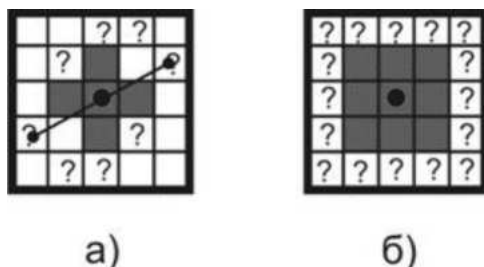


Рис. 2.23. Наши правильные(?) маски. Маска а) – центрально симметричная с четырьмя клетками окружающими центральную. И маска б) – любая, с восемью окружающими.

На рисунке 2.23 изображены два примера масок, для которых не нашлось ни одного случая с нарушением ИТЗ. Трудно, конечно, поверить, что это так! Компьютер работал сутками. Проверено ~ 100 000 000 миллионов различных случаев. Исключения не выявлено.

На рисунке 2.24 приведены результаты испытаний некоторых конкретных таких масок.

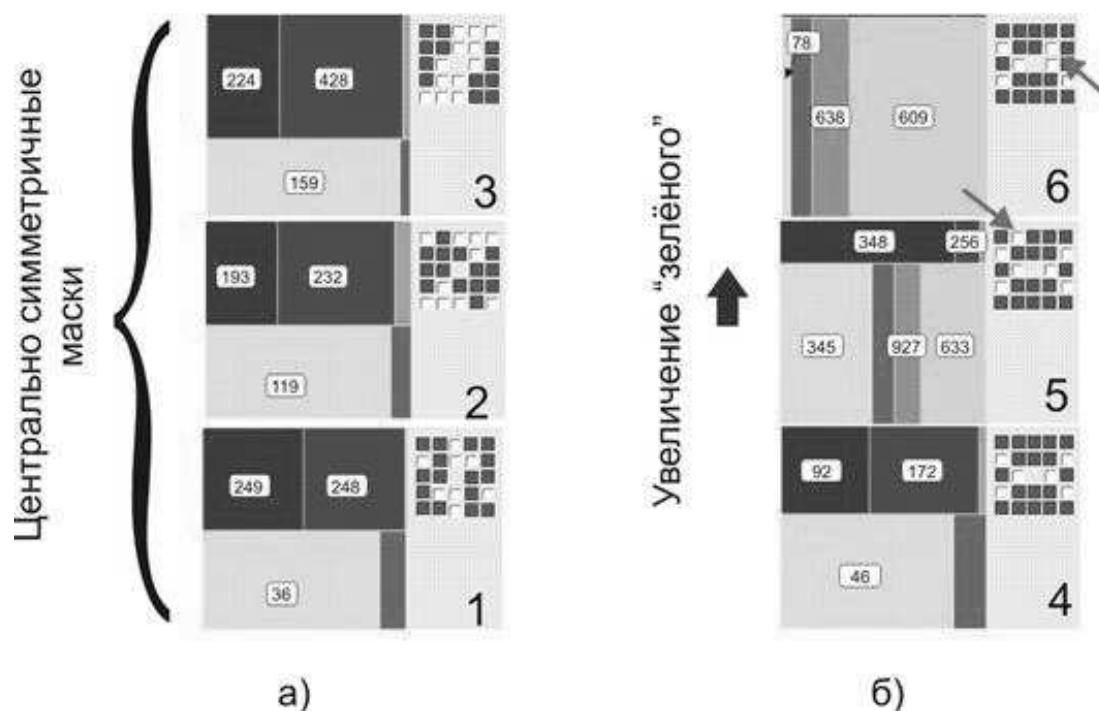


Рис. 2.24. Результаты испытаний различных правильных(?) масок. На рисунке а) видно, что наши «диаграммы» для центрально симметричных масок одного ранга и примерно одинакового числа точек «приблизительно совпадают». На рисунке б) видно как стремительно нарастает вклад точно- точных событий при увеличении «не симметричности» наших масок. (На рисунке под номером 5 мы убрали одну точку маски. На рисунке под номером 6 «сделали ещё хуже». Переставили одну точку на одно поле вбок).

Приведённый рисунок 2.24а показывает куда правильнее отнести точно- неточные (жёлтая область) попадания. К точно- точным или к почти точным?

Правильнее, конечно, к почти точным!

Если это сделать, а заодно и объявить темно- зелёную область (область с $T = 3$) «неполноценными» точными попаданиями (это, действительно, во многом тривиальные события которые всегда могут случиться), то получим красивый вывод: что для любой центрально симметричной маски количество собственно точных попаданий очень мало. Для нашего диапазона размеров площадки: $L \sim 1$ события на 1000.

Перейдём к не правильным маскам (рисунок 2.25). Их, вообще говоря, не много, и их – в двух измерениях – уже приходится искать!

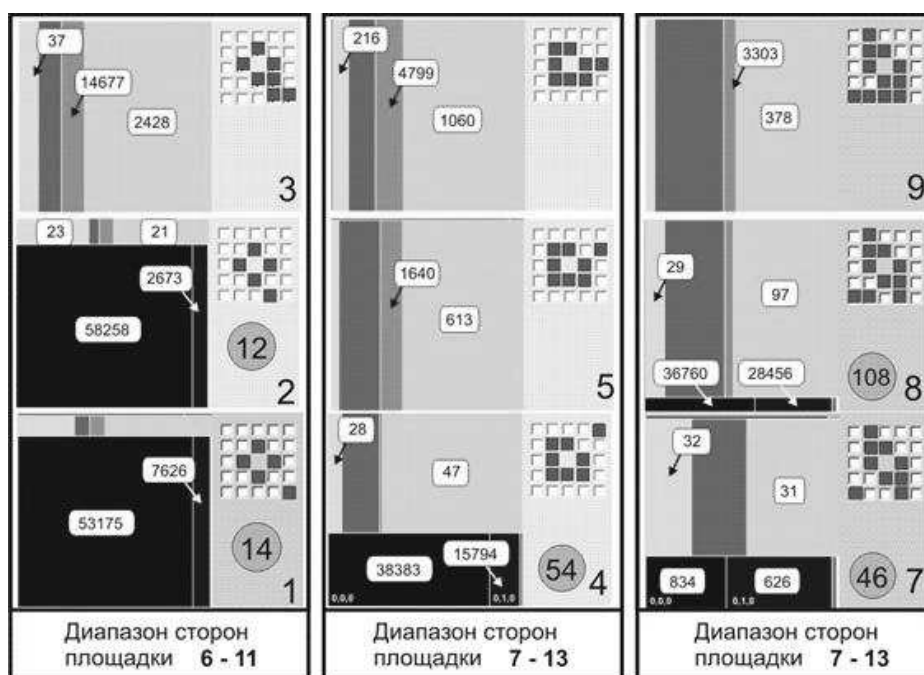


Рис. 2.25. Результаты испытаний ещё девяти масок на «границы»: правильные(?) – не правильные. Не правильные, маски с номерами 1, 2, 4, 7, 8.

Мы постоянно следим – как и в одном измерении – за тем, не нарушился ли ИТЗ. И если он нарушился в первый раз, то отмечаем это время. Средние этих времён – в сиреневых кружках на рисунке. В белых прямоугольниках на синем фоне – средние времена возвращения, как мы и делали в одном измерении.

Тёмно- синяя область – конфигурация флагов (0, 0, 0). Светло- синяя – конфигурация (0, 1, 0). Событий с другими кодами мало, они не заметны на рисунке. («Мало», но есть!)

Но вообще, впечатление, что и одно и два измерения удивительно похожи друг на друга! Как мы и сказали в Главе 1.

Отметим ещё следующее. Проверить, является ли данная маска не провильной достаточно на компьютере буквально двух секунд! Берём совсем немного начальных клеток В, и совсем маленькую площадку. Берём произвольные конфигурации и смотрим, буквально, за 100 первых шагов, нарушается ИТЗ или нет? Если маска не правильная, то тут же пойдут многочисленные нарушения (нам достаточно одного)!

Но если за те же две секунды мы не найдём ни одно нарушения...

... то делаем вывод, авансом (потому что это всегда, почему-то выполняется), что она – правильная(?). И теперь можем брать любую конфигурацию, любые размеры площадки, и Автомат... за миллион, за сто миллионов шагов... обязательно возвратится «как надо».

Это напрямую противоречит здравому смыслу и всегда необычайно озадачивало автора!..

Чепуха какая-то получается?! «Триллион– триллионов шагов Автомат уже идёт от ТН к ТЗ»... Отлично! Память только проясняется со временем! Вот теперь то он ТОЧНО вспомнит, с чего начал!

Оформим это в виде даже ещё более сильного парадокса, которого очевидно не достаёт книге В.Боос– а, завершающей его цикл Лекций по Математике [2].

Возьмём для каждой клетки свою частную, случайную маску. Скажем с вероятностью 0.75 данная клетка данной маски выбирается чёрной, а вероятностью 0.25 – нет. (При таком количестве точек наш Автомат практически всегда будет СЛАБО вычислимым. Даже без четырёх обязательных!)

Выберем какую-нибудь сторону площадки: 20 – 25 чтобы 1 000 000 шагов точно хватило, чтобы дойти до ТЗ. И запустим Автомат.

И тогда он... для любых начальных точек, практически всегда(!)... с вероятностью 99.9%(!)... возвратится ТОЧНО- ТОЧНО! (Ну, может быть, с оставшейся вероятностью 0.1% возвратится точно- неточно, или почти точно. Что тоже, кстати говоря, совсем не плохо!)

Как это всё понимать?? «Нет ничего более ЖЕЛЕЗНО устроенного, чем полнейший ХАОС!» (?)

«Непонятно», «непонятно», «непонятно»... В АЧТ, вообще *всё* непонятно!

2.5. Снова об эффекте сверхбыстрого возвращения. Наша «пищевая цепочка»

В трёх измерениях (и последующих!) любое возвращение (для малых N_B), как мы уже говорили, как бы, «сверхбыстрое»!

В одном измерении любое возвращение, наоборот «медленное»... А два измерения, как раз, разделяют эти два случая.

Все наши сверхбыстрые возвращения – **почти** точные прохождения (qH). Малое количество N_B приводит к небольшому положительному результирующему λ . Имеется, в самом начале, некий избыток клеток А. А интересны такие прохождения, конечно, своей Точкой Зеркала.

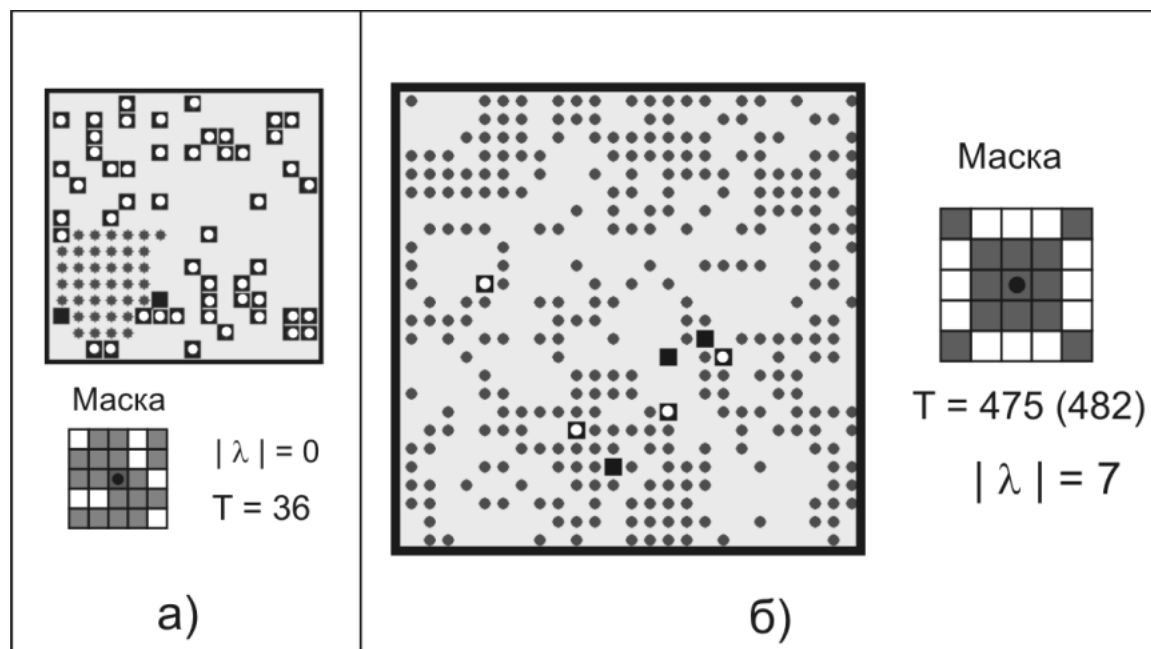


Рис. 2.26. Иллюстрация Точек Зеркала для двух разных прохождений. Рисунок а) – случай точно- неточного (PnP) прохождения. Рисунок б) – почти точное прохождение с $|\lambda| > 0$ (qH). Квадратиками обозначены начальные точки В, а кружками меньшего радиуса *дополнение их Точек Зеркала*.

И не симметричная маска тоже может быть точно- неточной. См. рисунок 2.26а. Но Точка Зеркала для наших сверх быстрых случаев (2.26б) разительно от неё отличается! Для них несколько случайных В клеток переходят в «случайно разбросанную» площадку из примерно равного числа клеток А и клеток В.

Но как, собственно, эффект сверхбыстрого прохождения соотносится с «Х- проблемой числа 3»?

Это снова непонятно!

Автор сначала нашёл сверхбыстрое возвращение, и определил, что оно существует не всегда. А когда он обнаружил ещё и существование ИТЗ, первый вопрос был: а не есть ли это, просто, его роспуск?

Ответ, как мы уже говорили, отрицательный!

И в «не пришедших» сверх быстро событиях, точно так же, как и в «пришедших»: ИТЗ как стоял, так и стоит! Никакого $M = 2$! Вообще, повторюсь, *ни одного* нарушения Инварианта Точного Заполнения для

центрально симметричных СЛАБО вычислимых масок автор пока не нашёл! Это кажется абсурдом, но это так!

Но, с другой стороны, это же визуально видно! И, кстати, на Ключевых Графиках – тоже! Автомат идёт- идёт, и вдруг, раз!... «споткнулся»! «Упал»! Какое уж тут «сверхбыстрое»?..

Так в чём же причина, быстрого возвращения одних и НЕ возвращения других, хотя ИТЗ сохраняется и там и там? Существует, наверное, какой-то ещё, второй Инвариант, вторая «симметрия»? Которая так же иногда нарушается? Уже «внутри» ИТЗ? Не ясно!..

Но всё равно! Давайте проведём мысленный эксперимент, чтобы определить место нашего «сверхбыстрого» возвращения в некой «пищевой цепочке». (Рисунок 2.27).

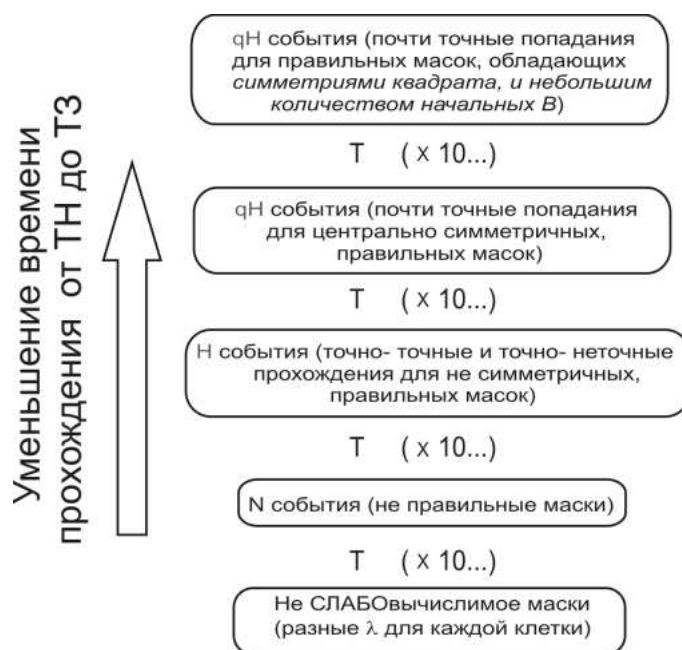


Рис. 2.27. Наша «пищевая цепочка». Зависимость средней величины T от вида маски.

Выберем четыре случайные маски с одинаковым количеством клеток в них; одинакового ранга... 1) НЕ СЛАБО вычислимую; 2) СЛАБО вычислимую» но не правильную; 3) правильную НЕ центрально симметричную; 4) правильную центрально симметричную.

И будем, мысленно проводить испытания, определяя средние времена возвращения – T . (Или медианы; это, в нашем случае, всё равно). Смотрим на рисунок 2.27.

В самом низу НЕ СЛАБО вычислимые маски. Пример, рис. 2.28.

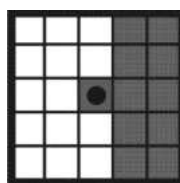


Рис. 2.28. НЕ СЛАБО вычислимая маска.

Для трех начальных точек В и крошечной площадки 8 х 8 величина Т уходит для неё за 500 000 000! Автор не мог больше ждать!

(Испытания таких масок, тоже выглядят очень интересно!.. Берём соответствующую маску, кидаем несколько клеток случайных В на крошечную площадку, и жмём на кнопку «пуск»...

Автомат тут же возвращается; За 9 – 15 шагов. Снова кидаем и жмём! Тот же эффект. Жмём снова и снова... не заводится машина! И вдруг... при каком-то нажатии, ЗАВЕЛАСЬ! «Поехали!» Теперь будем ехать долго– долго– долго...)

Будем подниматься вверх по стрелке на нашем рисунке. И мы увидим, как среднее время возвращения будет всё уменьшаться и уменьшатся. (Полная аналогия с «пищевой цепочкой» в природе! Где число хищников всегда меньше числа жертв).

И когда, наконец, доберёмся до, казалось бы, самой вершины – центрально симметричных масок... выясняется, что у нас, оказывается, ещё есть силы для последнего, существенного рывка!

Для этого надо взять совсем не большое количество начальных точек В, и маску обладающую именно симметриями квадрата! (Может быть – прямоугольника; не проверялось). И здесь мы перейдём, к каким то уже совсем «смешным» временам. Ну что это такое: 2000 шагов для площадки 70 х 70!..

(Кстати! ПОЧУВСТВУЙТЕ РАЗНИЦУ! Больше 500 000 000 шагов для крошечной площадки и НЕ СЛАБО вычислимой маски!.. И 2000 шагов для площадки почти в сто раз больше по площади!! То есть «полный перепад» высот на рисунке 2.27 составляет триллионы- триллионов...)

Мы это всё к тому, чтобы сказать: что даже полное решение «Х– проблемы числа три» не даст нам ответы на все вопросы. Вопросов всегда останется с избытком.

Заключение

Продолжим, начатое во Введении, перечисление «подвигов числа три».

Единственная размерность пространства, в которой существуют устойчивые орбиты и свет (уравнение Гельмгольца)! Сказали...

Два по три кварка, два по три мюона! Сказали...

Три цвета в Квантовой Хромодинамике!

Единственная размерность пространства, в которой существует векторное произведение и, значит, вся векторная алгебра! Электричество, магнетизм и всё привходящее...

Ещё число три играет ключевую роль в Теории Хаоса [3].

И... подвизалось в наших Обратимых Клеточных Автоматах!

Впрочем, автор не настаивает!.. Ему гораздо ближе по сердцу другая аналогия, о которой он хочет рассказать...

Есть такое математическое понятие «солитон». И самое интересное в нём, что это понятие совершенно *безразмерной* ширины!

Сейчас, чуть ли не каждая вторая работа по математике, *вообще(??)*, связана с его изучением!

Очень удивимся!?! Что это за такое явление, для описания которого понадобилось *миллион* без малого работ?

Скажем одним предложением... «Солитон» – это некая, *очень странная* (интересная!) *симметрия* между *пространством и временем*. Которая и приводит к удивительным следствиям, и так далее... но это понятно!

Так вот!.. Наш АЧТ один в один(!)... зеркально(!)... повторяет «солитон», но в дискретной математике.

И у нас, тоже, существует *очень странная* (интересная!) *симметрия- Инвариант (Точного Заполнения)* между *пространством и временем*!

(Автору так понравилась эта аналогия, что он, первоначально, так и хотел назвать свои Автоматы – солитонами. И лишь впоследствии, отказался от этого. Чтобы не путать людей. Название «АЧТ» ему тоже очень нравится!)

А насчёт «безразмерной ширины» наш АЧТ с удовольствием бы поспорил с обычным солитоном! Автор сумел лишь немножко продвинуться в самом- самом примитивном, одномерном АЧТ маски $(1,1)$. И даже при построении «разрешительного» алгоритма для маски $(1,2^n-1)$, где вроде бы всё уже было понятно, у него возникли большие сложности...

А там, дальше... нас ждёт маска (3,5)!

А там, дальше... нас ждёт маска (3,13)!

А там, дальше... нас ждут ЛЮБЫЕ симметричные маски в п-ИЗМЕРЕНИЯХ!..

Очевидно, что нужны новые математические идеи, выдвинуть которые, автору будет затруднительно!

И, в заключении, автор хотел бы выразить благодарность всем, кто проявил интерес к его изысканиям: проф. К.Борескову (ИТЭФ), проф. В.Золлеру (ИТЭФ), Н.Николаеву (ИФВД), А.Черкуну (ИСАН), С.Пешину (институт им. В.Стеклова) и И.Клумову.

[1] Тоффоли Т., Марголюс Н. Машины клеточных автоматов: Пер. С англ. – М.: Мир, 1991 – 280 с.. ил.

[2] В. Боос. Лекции по математике. Т. 12: Контрпримеры и парадоксы. Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009

[3] А.Н. Шарковский, С.Ф. Коляда, А.Г. Спивак, В.В. Федоренко. Динамика одномерных отображений. Киев: Наукова думка, 1989. 216 с.

(Далее автор приводит список всех своих старых работ, в порядке, обратном времени опубликования).

[4] «Нулевая проблема Гильберта» или клеточный солитон в n измерениях <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11835.html>

[5] About a Discrete Cellular Soliton (computer simulation) A. Korniyushkin <http://arxiv.org/abs/1109.4552>

[6] О дискретном клеточном солитоне (обобщающая статья) <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11285.html>

[7] Дискретный (клеточный) солитон в трёх измерениях и его главный закон сохранения <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/11008.html>

[8] О свойствах рек дискретного (клеточного) солитона <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10968.html>

[9] Об одном удивительном математическом парадоксе связанном с обратимыми клеточными автоматами <http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/10587.html>

Приложение 1. Три наших фильтра. Реки и НульРеки через них

Просто смотреть на АЧТ – многого не увидишь. В частности НульРека выглядит на нём не очень эффектно. На АЧТ надо смотреть через **фильтр**.

Изображать его мы будем **между** двумя последовательными кадрами. И наша цель сделать такие фильтры которые бы работали «сразу в двух направлениях»: и в прямом (по направлению времени), и в «обратном». То есть, чтобы фильтр $F(t = n, t = n+1)$ или оставался неизменным, или менял знак фильтра $F(t = (n+1)^*, t = n^*)$. (Напомним, что $n^* = -n + 1$).

Для этого возьмём шесть последовательных кадров движения нашего АЧТ, как и показано на рисунке 1.1'. Кадры 0, 1, 2, 3, 4, 5. Как раз по середине - между кадрами 2 и 3 - мы и будем изображать свой «фильтр»; свою картинку от всех этих шести кадров.

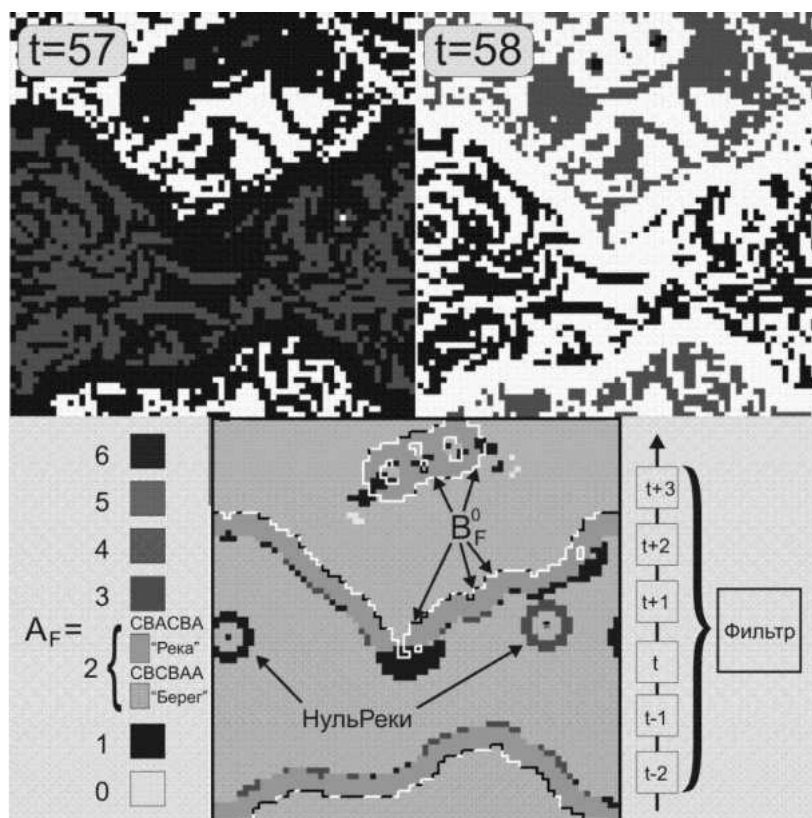


Рис.1.1'. Фильтры A_F и B_F^0 нарисованные между кадрами 57 и 58 АЧТ 1(д) из Главы 2. Величина периода для него составляет 2526. Значит для фильтра A_F (раскраска самих клеток) нарисованный между кадрами $(2 \cdot 2526 - 57, 2 \cdot 2526 - 57 + 1) = (5001, 5002)$ будет выглядеть точно так же. А раскраска границы B_F^0 изменится на «противоположную».

1). Наш первый фильтр

$$A_F(t, t+1; x, y)$$

– фильтр количества клеток A в наших шести кадрах $t-2, t-1, t, t+1, t+2, t+3$ и имеющих координаты на торе x и y . Он может иметь 7 значений, от 0 до 6. Отметим очевидную формулу

$$A_F(t, t+1; x, y) = A_F((t+1)^*, t^*; x, y)$$

для любых t, x, y .

Мы знаем, что при установившемся движении солитона клетки меняются, в основном, либо СВСВАА, либо СВАСВА, с разными фазами, и это значит что в большинстве клеток для самых разных кадров $A_F = 2$. (Эти два случая, кстати, перебирают все возможности для ровно двух клеток A в шести кадрах).

Потому давайте рисовать первый случай (СВСВАА – клетки Берега) серыми, а второй (СВАСВА – клетки Реки) зелёными. Остальные цвета изображены на рисунке. Впрочем, за исключением самых первых нескольких кадров, число A_F в основном может быть равно только 1 или 3. Ну, может быть, ещё (редко), нулём или четырём, в момент, когда какая-нибудь Река, осциллируя, проходит через 0.

Сразу отметим на рисунке 1.1' очень красивые объекты, которые на исходном, не фильтрованном рисунке, были не видны.

Это наши НульРеки. Обычно они входят в зацепление с обычными Реками или с другими «Нуль». Но мы без труда найдём и «чистую». На рисунке 1.1' видны сразу две «чистых».

НульРека – это, действительно, Река длины ноль. Это одинокая точка другого цвета стоящая на Берегу на достаточном удалении от ближайшей Реки. И хотя расположение вокруг неё ближайших клеток различно, сама НульРека выглядит на нашем фильтре идеально, без единого дефекта.

Отметим, что её период равен 12, и что их положение НИКАК напрямую не связано с начальными клетками B ! Они образуются в совершенно случайных местах.

2). Наш второй фильтр

$$B_F^i(t, t+1; j, x, y)$$

Этот фильтр раскрашивает границы (boundary) между клетками.

Индекс “ j ” имеет два значения и показывает о какой границе идёт речь: о горизонтальной или о вертикальной; x и y – как и раньше, координаты клетки. Ещё есть индекс “ i ”.

Если значение $i = 0$ – мы берём «изменения» между кадрами t и $t + 1$. Если $i = 1$ «изменения» между кадрами $t - 1$ и $t + 2$. Если $i = 2$ «изменения» между кадрами $t - 2$ и $t + 3$. Что конкретно мы имеем в виду под словом «изменения»?

Представим, что на всех границах клеток поставлены числа “0” или “1”.

“0” – если граница разделяет клетки одинакового цвета и “1” – если цвет разный. Возьмём, для примера, два центральных кадра t и $t + 1$. Если на данной границе был (в момент времени t) “0” и стал (в момент времени $t + 1$) “0”; или была “1” и стала “1” – то назначим для данной границы $B_F^0 = 0$ и не будем её красить.

Если был “0” а стала “1”, то назначим этой границе число $B_F^0 = -1$ и окрасим границу в белый цвет. Если была “1” а стал “0”, назначим этой границе число $B_F^0 = 1$ и окрасим её в чёрный. Очевидно из построения, что:

$$B_F^i(t, t+1; j, x, y) = -B_F^i((t+1)^*, t^*; j, x, y)$$

То есть, если мы посмотрим на рисунок 1.1’ и спросим, как будут выглядеть наши фильтры для тех же кадров, после полупериода, то раскраска клеток не изменится, а раскраска границ изменится на противоположную: черные границы станут белыми, а белые станут чёрными.

Для фильтров B_F^i можно доказать две несложные формулы верные для любых обратимых КА.

$$\sum_{t=t_1..t_2} B_F^0(t, t+1; j, x, y) = k \Rightarrow k \in \{-1, 0, 1\}$$

$$B_F^1(t, t+1; j, x, y) = B_F^0(t-1, t; j, x, y) + B_F^0(t, t+1; j, x, y) + B_F^0(t+1, t+2; j, x, y)$$

Но, в целом, фильтр B_F^i автора разочаровал. Даже казалось бы верное утверждение о замкнутости «чёрно- белых» линий оказывается на проверку не справедливым. Для маски (д) Главы 2 нарушения тоже существуют, хотя и редки, но, например, для маски (к) – они повсеместны.

3). Введём ещё третий фильтр.

$$C_F^i(t, t+1; x, y)$$

Он тоже зависит от трёх индексов, как фильтр B_F , но красит, в свою очередь, не границы, а клетки, как фильтр A_F . Фильтр «совпадений A ».

Предположим, что мы строим этот фильтр для нулевого индекса, то есть для кадров t и $t+1$.

Обозначим те клетки, которые находятся в состоянии A на этих кадрах единицами, а те которые нет – нулём. И возьмём функцию "Исключительное ИЛИ" между ними. Результат и есть наш фильтр C_F^0 . Фильтры C_F^1 и C_F^2 строятся аналогично.

Если он равен 1, будем обозначать этот фильтр маленьким чёрным крестиком в центре уже покрашенной фильтром A_F клетки. Для него, как и для фильтра A_F , очевидно, справедлива та же формула:

$$C_F^i(t, t+1; x, y) = C_F^i((t+1)^*, t^*; x, y)$$

Рассмотрим, как выглядит все три фильтра для половинки отдельной СуперРеки. См. рис. 1.2'.

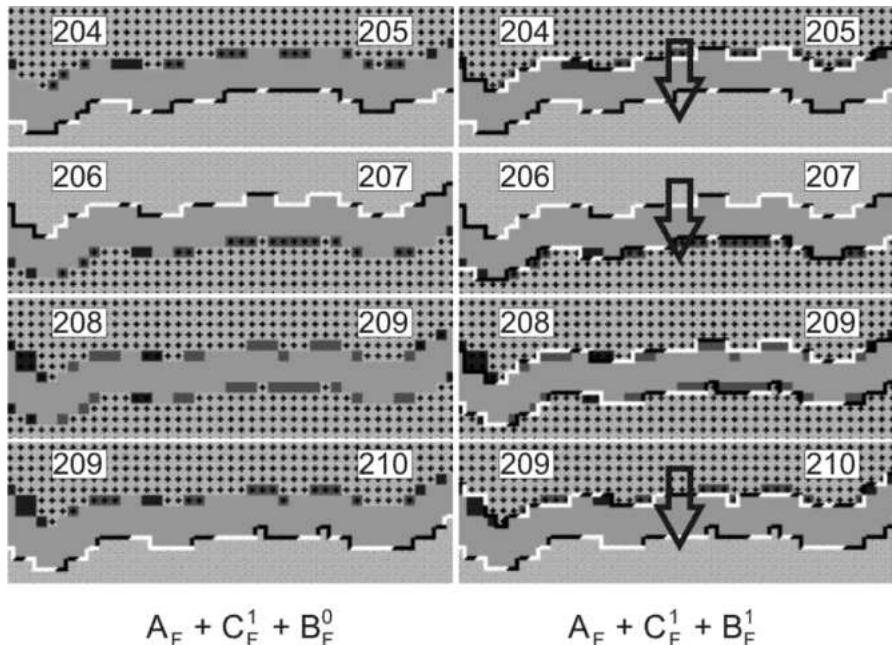


Рис.1.2'. Четыре кадра из движения АЧТ 2(д). Стрелки указывают «направление движения» наших рек в пространстве. Стрелки второй половины СуперРеки направлены навстречу им. Стрелки указывают на место будущей пульсации.

Выглядят они очень характерно! Чёрно-белая кривая фильтра B_F^0 попеременно переходит с одной стороны на другую и потом на один кадр исчезает. Ломаные фильтра B_F^1 окаймляют всю Реку. Вблизи самой Реки, касаясь её, находятся ещё только «красные» и «синие» клетки. (Напомним, что «синяя» клетка – это одна клетки А в шести кадрах, «Красная» – три.) Других нет! Так же очень красиво выглядит и фильтр C_F^1 . Он попеременно заполняет то одну половинку тора относительно СуперРеки; потом вторую; потом обе, а потом всё повторяется! При пульсации Реки меняется фаза и ритм сбивается.

Предположим, что наша СуперРека готова совершить пульсацию. Как с помощью фильтров, посмотрев всего на несколько кадров, установить, в какой половине тора это произойдёт? Любопытно, что для этого, похоже, нужны сразу все три наших фильтра.

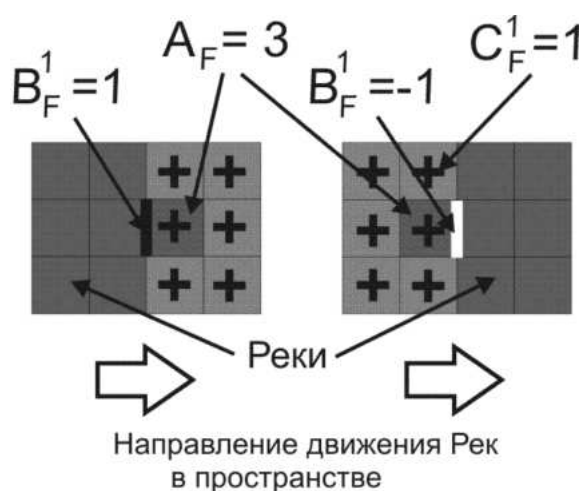


Рис.1.3. Определение направления движения половинки СуперРеки при помощи наших фильтров.

На рисунках видно, что для одной половинки СуперРеки эти фильтры – A_F , B_F^1 , C_F^1 – могут встречаться, только в конфигурации указанной на рисунке 1.3. Это даёт возможность установить её направление движения. Для нашего случая, стрелки будут указывать на место пульсации. После того как СуперРека пройдёт пульсацию, стрелки будут указывать «наоборот» – во «вне».

Зададим себе вопрос, а можно ли из тех же нескольких кадров СуперРеки догадаться, в какой половине (до полупериода или после) мы находимся? У нас ведь присутствует асимметрия Точки Начала и Точки Зеркала. (В Точке Начала мало клеток В, в Точке Зеркала половина).

Ответ отрицательный! СуперРеки внешне выглядят совершенно одинаково.

А что же именно мы можем сказать? Очень немного! Мы можем только сказать, что *именно в этой половнике тора*, рано или поздно произойдёт «что-то интересное»! Река или тихо закроется, или, наоборот, начнёт плодить новые Реки... потом новые... потом «антивзрыв», Точка Начала, «взрыв»... и так далее. Но что именно – сказать нельзя! У автора есть предположение, что это принципиально невозможно.

Приложение 2. Реакция АЧТ на возмущение

Всякий клеточный автомат, в любой момент времени, можно «возбудить» в какой-то его точке.

А именно, поставить на него- работающего какой-то кластер, например, квадрат 3х3 одних клеток С. И посмотреть, что случится?

Так вот! Реакция и «обычных» клеточных автоматов (Глава 2) на возмущение может быть на редкость неожиданной и красивой! (Например, рисунок 2.3г!) Приведём ещё один пример такой «нестандартной» реакции. См. рисунок 2.1'. (Это как раз тот единственный, найденный мною клеточный автомат с $T_{экс} = 8$).

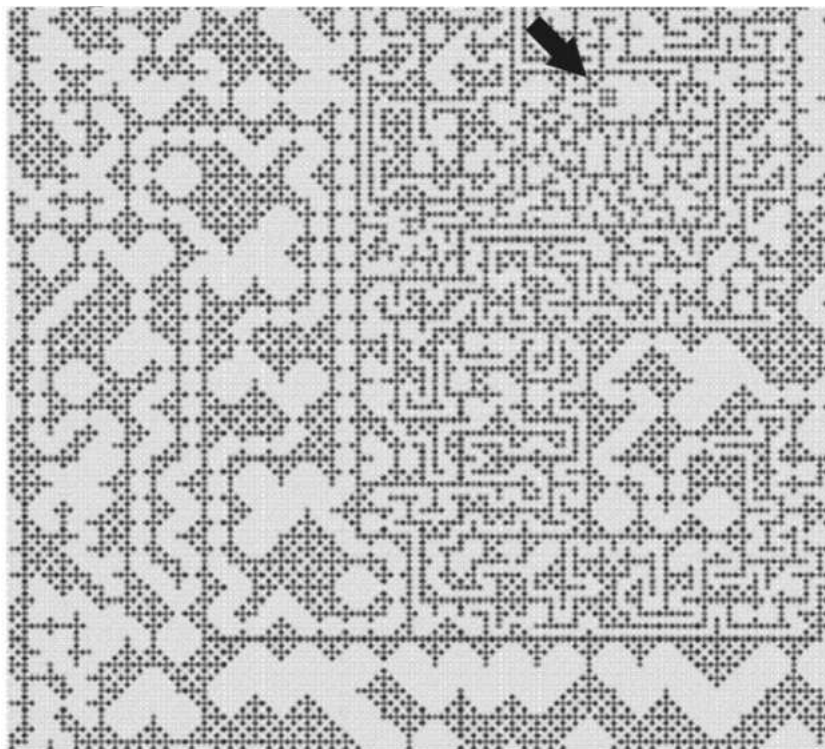


Рис. 2.1'. Клеточный автомат «лабиринт». При «возмущении» (показано стрелкой) – автомат начинает «распускаться». Постепенно и не спеша. Как бы переходя из комнаты в комнату.

А что с нашим АЧТ?

Есть «два места» куда мы можем поставить свой «возмущающий» квадратик. В область Реки и в область Берега. Начнём с последнего...

Предположим, что мы поставили в начальных условиях, к клеткам В, ещё одну клетку С маска которой накрывает одну из В клеток. Легко видеть, что эта площадка не перейдёт в свою транслитерацию; это вообще не наш случай. И период такого Автомата составит «3 в степени...»!..

Ну а что мы увидим визуально? См. рисунок 2.2'.

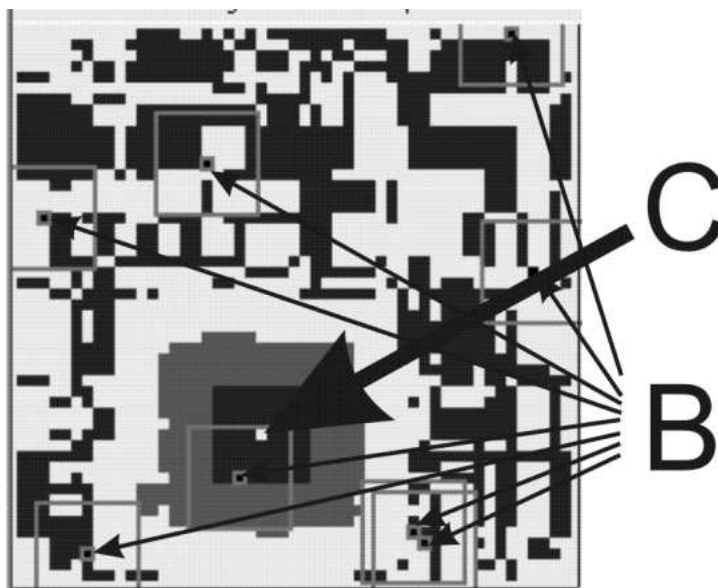


Рис. 2.2'. «Горение» в нашем клеточном автомате. Клетки В и С вошли в «цепку».

Мы увидим, что область пересечения масок, как бы, «загорится»! Возникнет сине-красная область, внешняя граница которой, будет «метаться» как пламя.

Так вот!..

Возвращаясь к нашему вопросу, скажем, что при постановке возмущения в область Берега, это место, как раз, «загорается»!

Не так будет, если мы поставим возмущение в область Реки!

Возьмём наш массив R из первой Главы, и сделаем из него АЧТ (то есть сделаем весь массив $R = 1$, за исключением нуля).

А теперь, давайте возьмём, и добавим в R ещё нулей. Совсем-совсем немного по сравнению с 1125, полным числом элементов в массиве. Скажем так: сделаем нулями элементы массива, для которых, все вместе: $s1 = 2$, $s2 = 2$, $s3 = 2$ и $s4 = 4$.

Что произойдёт? Невозможно догадаться!..

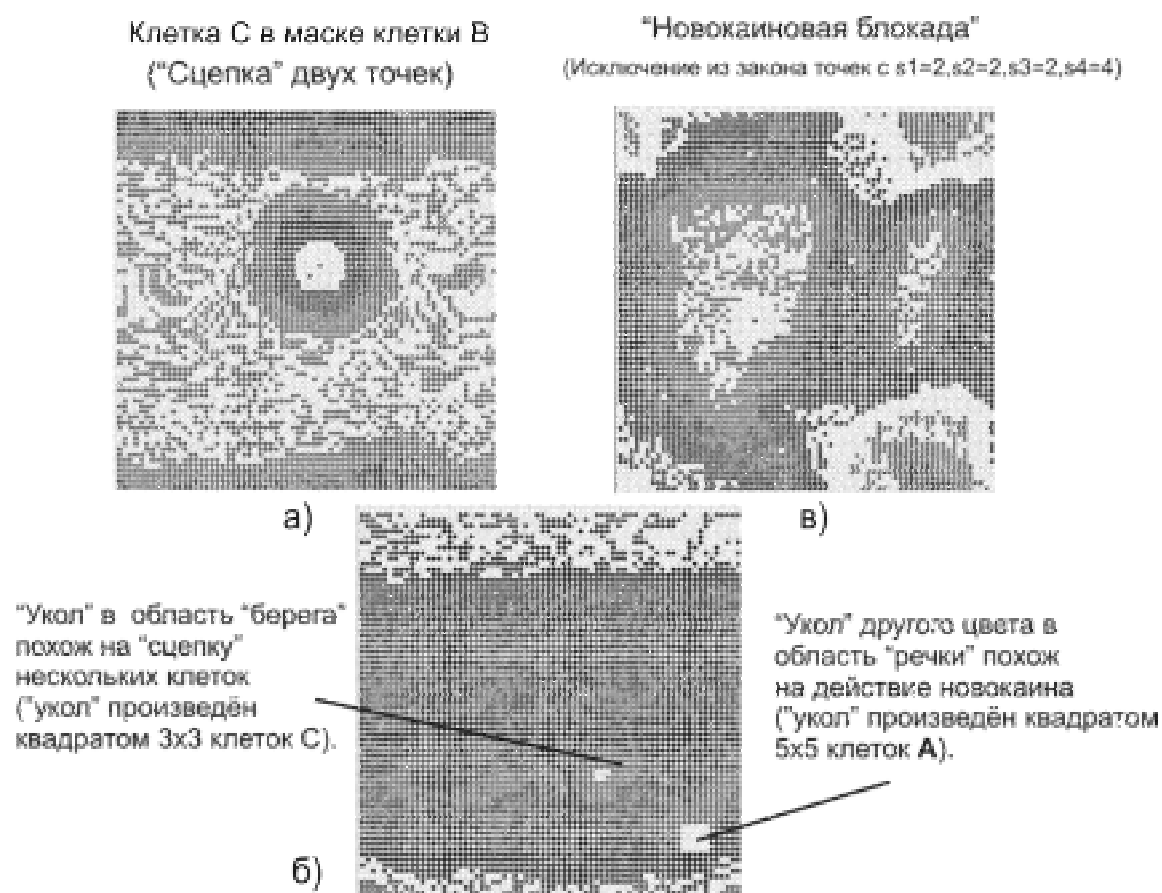


Рис. 2.3'. Две реакции АЧТ на «уколы» другим цветом в область Берега (слева) и в область Реки (справа).

«Взрыв», вроде всё как обычно... возникают Реки, и... замораживаются! Те же Реки, но стоят! Автомат переходит в а «классический стабильный». Со временем возвращения «3 в степени, в степени...».

Так вот! «Укол» другим цветом в область Реки, как раз, и похож на эту реакцию. Это как бы «укол новокаином». Данная часть площадки – «область» – «замерзает», хотя вся остальная часть Реки движется как обычно.

Красиво, не правда ли!