

Raport z badań symulacyjnych, podstawa stwierdzenia, że życie ewoluje w półchaosie

Andrzej Gecow

<http://viXra.org/abs/1603.0220> <https://sites.google.com/site/andrzejgecow/home> gecow@op.pl andrzejgecow@gmail.com

Badania wykonane przez autora w latach 2011-2015. Ten Raport stanowi podstawę publikacji [Szk4](#) (zgłoszonej do FiN 4 dn. 2015-12-01), [Naaj](#) i wersji [Raportu po angielsku](#). Materiał ten spełnia jednocześnie dwa zadania: jest to publikacja, którą można cytować powołując się na zamieszczone tu materiały; oraz przede wszystkim jest to materiał uzupełniający do zwykłych publikacji. Specyficzna forma dedykowana do czytania na ekranie komputera dopasowana jest do tego drugiego zadania, by konkretne problemy lub niepewności można było przeanalizować możliwie dokładnie. Zamieszczone rysunki należy analizować w powiększeniu. Zawiera ponad 400 wykresów i tabel.

Errata

W wyniku badań **met8** opisanych w „[Raport z badań symulacyjnych, część II, wzrost autonomicznych sieci półchaotycznych](#)” (Report of simulation investigations, part II, a growth of half-chaotic autonomous networks) okazało się, że w każdej sieci autonomicznej gdy $K < N-1$ występują klasyczne moduły, więc także w sieciach losowych badanych w niniejszej pracy. Zmusiło to mnie do wycofania się z nazwy „semimoduł” i „semimodularność”, gdyż sugerowały one, zgodnie z pierwotnym moim przeświadczeniem, że w sieciach losowych o stałej strukturze nie ma modułów i znalezione tu klastry ro (rozdz.5) nie mogą być modułami. Klastry ro okazały się też modułami (rozdz.8.5 w ww. cz.II), więc nazwy te zmieniłem na „ro-moduł” i „ro-modularność”. Jest to jedyna zmiana od wersji pierwszej, jednak o istotnym znaczeniu interpretacyjnym. Ponadto jedynie dodałem istotne linki do nowszych prac.

Streszczenie

Polska wersja **Report of simulation investigations, a base of statement that life evolves in half-chaos.**

Półchaos to specyficzny stan deterministycznej sieci dynamicznej o parametrach, które sieć losową czynią silnie chaotyczną. W półchaosie jednak reakcja na małe zaburzenie bywa nie tylko chaotyczna, a udział obu typów reakcji – chaotycznej i uporządkowanej jest podobny. Istnienie takiego stanu było dotąd problematyczne, przedstawione badania wykazują jego istnienie w sieciach o losowej, stałej strukturze i pokazują sposoby jego wytworzenia oraz własności. Szczególnie interesująca jest wersja półchaosu tworzona przez mechanizm ro-modularności. Ro-moduł to względnie mały, izolowany, funkcjonujący (węzły zmieniają stany) wycinek sieci, której większość węzłów nie zmienia swojego stanu. Ro-moduły są także klasycznymi modułami. Półchaos utrzymuje się gdy w ewolucji dopuszczone są jedynie małe zmiany i znika po akceptacji jednej zmiany dużej. Stan półchaosu jest znacznie bardziej adekwatny do opisu obiektów żywych i cywilizacyjnych, przez co znana hipoteza Kauffmana „życie na granicy chaosu” może być pogłębiona i reinterpretowana do „życie w półchaosie”, co jest głównym celem podjęcia tych badań.

Słowa kluczowe: chaos; sieci złożone; sieci dynamiczne; sieci deterministyczne; sieci Kauffmana; symulacja komputerowa.

Abstract

Report of simulation investigations, a base of statement that life evolves in the half-chaos.

Half-chaos is a specific state of deterministic dynamic networks with parameters which random network make strongly chaotic. In the half-chaos small disturbance may give chaotic or ordered reaction in similar probability. Existence of such network state was up till now problematic, described investigations prove it existence in networks with random, constant structure and show methods to create it and its properties. Version of half-chaos based on “ro-modularity” mechanism is especially interesting. Ro-module is a relatively small, isolated, functioning (nodes change their states) network segment when the majority of nodes of this network do not change their state. Ro-modules are also classic modules. Half-chaos is kept while small changes are accumulated but vanish when one large change is accepted. Half-chaos state is much more adequate for living and civilization objects description, therefore known Kauffman hypothesis “life on the edge of chaos” may be deepen and reinterpreted to “life in the half-chaos”, which is the main purpose of the investigations.

Keywords: chaos; complex networks; dynamic networks; deterministic networks; Kauffman networks; computer simulation.

Spis treści

Errata.....	1
Streszczenie.....	1
Abstract.....	1
Spis treści.....	2
1 Wstęp.....	5
1.1 Wprowadzenie merytoryczne.....	5
1.2 Wprowadzenie organizacyjne.....	7
2 Wprowadzenie ujemnych sprzężeń zwrotnych - met1 i 2.....	8
2.1 Wstęp.....	8
2.1.1 Zadanie.....	8
2.1.2 Założenia ogólne.....	8
2.1.3 met1.....	9
2.1.4 met2.....	9
2.2 Pierwszy eksperyment.....	11
2.2.1 Założenia.....	11
2.2.2 Wyniki.....	12
2.3 Drugi eksperyment - wpływ parametru tmx w met2.....	13
2.4 Trzeci eksperyment - zachowanie sieci dla dużych t , met2 200.....	18
2.4.1 Założenia.....	18
2.4.2 Wyniki.....	18
2.4.3 Wtórne inicjacje.....	23
2.4.4 „Krokodyle”.....	24
2.5 Czwarty eksperyment - iteracyjne zwięzanie funkcji przez met2.....	40
2.6 Podsumowanie.....	46
3 Modularność – met3.....	47
3.1 Zadania, przesłanki.....	47
3.2 Wstępne rozpoznanie.....	47
3.2.1 Symulacje pierwotne, chaos na poziomie nodów, $tmx=60$	47
3.2.2 Wybór $N1$ - krótki atraktor w module.....	48
3.3 Symulacje po met2 200, chaos na poziomie modułów, $tmx=20000$	48
3.3.1 Badanie stabilności.....	48
3.3.2 Atraktory w modułach i globalne.....	50
3.3.3 Obserwacje krokodyli.....	52
3.4 Wnioski.....	56
4 Atraktor punktowy – met4.....	57
4.1 Wstęp.....	57
4.1.1 Zadania ogólne.....	57
4.1.2 Przesłanki z wcześniejszych badań met1 i 2 oraz met3.....	57
4.1.3 Podstawy interpretacyjne.....	57
4.2 Badane modele.....	58
4.2.1 Modele bez regulacji: c dla 4,3 $f(0,0,0)=0$, i dla 2,4 $f(0,0,0,0)=0$	58
4.2.2 Model z minimalną regulacją b dla 4,3 $f(0,0,0)=f(0,0,1)=f(0,1,0)=f(1,0,0)=0$	58
4.2.3 Model a z silną regulacją dla 4,3.....	58
4.2.4 Przeprowadzone symulacje.....	59
4.3 Podstawowe wyniki.....	59
4.3.1 Dobrze rozdzielone i podobnej wielkości 2 piki – uporządkowanych i chaotycznych przypadków w rozkładzie wielkości damage.....	59
4.3.2 Udział PAS w przypadkach nie przekraczających progu, badanie wtórnych inicjacji.....	60

	3
4.4	Wnioski z krokodyli 63
4.5	Ważniejsze problemy symulacji – A1-4, próg 69
4.6	Podsumowanie 70
5	Kumulacja zmian małych nie wyprowadza do chaosu, ro-modularność – met5 71
5.1	Wstęp 71
5.1.1	Przypomnienie i zadania 71
5.1.2	Obraz interpretacyjny 72
5.2	Zmienność kumulowana, passy N1,N2,M, formuły bf,br,cf,cr, s,K=4,3 73
5.3	Problem zależności przesunięcia (shift) i typu wygasania, seria 34 74
5.3.1	Wyniki badań 74
5.3.2	Przykład wyjaśniający 76
5.3.3	Łód i niezależność pętli 76
5.4	Zaawansowana seria 44 – passy M free i z blokadą cofania, shift=50, progi długości atraktora 77
5.5	Uproszczona seria 45 z intencją zbliżenia do chaosu, shift=2, niemalowanie atraktora, A3>2 87
5.6	Ro-moduły – poszukiwanie przesłanek i dowodów 99
5.6.1	Z częstości wtórnych inicjacji 99
5.6.2	Z rozkładu częstości małych atraktorów 100
5.6.3	Z rozkładu P(A4h), A4 – liczebność zbioru nodów ('klastra') biorących udział w zaburzeniu 101
5.6.4	Łączenie lokalnych klastrów A4 w globalne klastrów A4 103
5.6.5	Z rozkładu A1 dla akceptowanych 105
5.7	Z okresów cykli stanów nodów – seria badań 'ro' 106
5.7.1	Szczegółowe, wycinkowe badania wstępne 106
5.7.2	Klastry lokalne i globalne na przykładzie bf 103 z serii 44 '4+7+20' 108
5.7.3	Seria ro – 44 '4+7' 100 M20, badanie statystyczne 111
5.8	Wnioski - podsumowanie 120
6	Start z krótkiego atraktora, a nie z PAS0 – met6 122
6.1	Wstęp 122
6.2	Mały atraktor 122
6.2.1	Uzyskiwanie małego atraktora 122
6.2.2	Badanie stabilności uzyskanego systemu z małym atraktorem 123
6.3	Badanie ewolucji – kumulacja zmian jak w passach M met5 ro 44 123
6.4	Podwyższona stabilność w met6 a koncepcja ro-modułów 127
6.4.1	W met6 ro-modularności brak 127
6.4.2	Klastry A4 130
6.5	Podsumowanie met6. 130
7	Kontrolowane utworzenie ro-modułów – met7 131
7.1	Wstęp 131
7.2	Konstruowanie ro-modułów 132
7.2.1	Algorytm podstawowy 132
7.2.2	Zwiększanie liczby aktywnych ro-modułów 132
7.2.3	Wymuszanie krótkich atraktorów, tax w met7b i eb 132
7.2.4	Ograniczenia algorytmu tworzenia ro-modu 133
7.3	Badanie uzyskanej ro-modularności bezpośrednio po jej utworzeniu – met7a oraz b 133
7.3.1	Założenia 133
7.3.2	Rozkład wielkości damage jako podstawowy wynik met7 134
7.3.3	Badania skuteczności algorytmu 139
7.3.4	Podstawowy mechanizm ro-modularności 141
7.3.5	Porównanie modeli met7a i met7b 144
7.4	Badanie ewolucji – kumulacji zmian (akceptowanych z dodatkowymi warunkami) – met7e 152

30 listopada 2017	Andrzej Gecow	andrzejgecow@gmail.com	Raport z badań półchaosu	Wstęp	4
7.4.1	Pik lewy i dobór parametrów.....				152
7.4.2	Klasy ro – rozkład wielkości lodu i klastrów lokalnych, dodatkowy mechanizm zaburzający ‘mech2’ zbliżony do met6				157
7.4.3	Obraz klastrów globalnych ro i ich porównanie do wygenerowanych ro-modułów				166
7.4.4	Podobieństwo atraktorów ro-modułów po kumulacji				172
7.4.5	Wygasanie jako czynnik mech2				174
7.4.6	Klasy z A4 i ich łączenie.....				176
7.4.7	Próby znalezienia w passie N wskaźnika późniejszego odstępstwa od met5 dla f.....				180
7.5	Podsumowanie				184
7.5.1	Zbudowanie ro-modularności.....				184
7.5.2	Stabilność uzyskanej ro-modularności bez ewolucji.....				184
7.5.3	Potwierdzenie mechanizmu blokowania eksplozji małymi atraktorami lokalnymi mimo dużego atraktora globalnego				185
7.5.4	Stabilność ro-modularności podczas ewolucji – kumulowania zmian ‘małych’				185
7.5.5	Inne wykryte mechanizmy.....				185
7.5.6	Klasy ro i A4 – sprawdzenie interpretacji ro-modularności				185
Bibliografia					186
Skróty, parametry, specyficzne nazwy					186

1 Wstęp

1.1 Wprowadzenie merytoryczne

Niniejsze opracowanie jest roboczym, najszerszym opisem badań symulacyjnych, przeprowadzonych przeze mnie w celu wyjaśnienia, jak to jest z hipotezą Kauffmana, że życie toczy się na granicy chaosu i porządku. Podziwiam Kauffmana, zrobił ogromny krok w podobnym czasie, w którym i ja coś w tym kierunku próbowałem. Obecnie badania prowadzę na sieciach Kauffmana. Niestety, mamy w sprawie tej hipotezy nieco inne poglądy, i dla każdego z nas te tezy są bardzo istotne. Dla mnie głównym powodem do podjęcia tych badań jest sprzeczność dotychczasowej postaci tej hipotezy z moimi założeniami do mojego modelu tendencji strukturalnych, który powstał przed pojawieniem się hipotezy Kauffmana, w roku 1974. Kto z nas ma rację, ja, czy Kauffman. Przedstawiane badania wykazały, że jednak ja, choć różnica nie jest duża, a wyniki nie obalają hipotezy Kauffmana, tylko ją głęboko reinterpretują.

Kauffman w latach 1969 - 71 zaproponował do opisu systemów żywych logiczne sieci dynamiczne zwane także sieciami Kauffmana. Dostrzegli je dopiero fizycy po dekadzie. W takich sieciach, zbudowanych w pełni losowo, wykryto w kilku ogólnych parametrach przejście fazowe między porządkiem, a chaosem – skokową zmianę własności systemu w aspekcie stabilności po małym zaburzeniu. Kauffman wskazał, że konieczne dla ewolucji życia małe zmiany funkcjonowania są praktycznie dostępne jedynie w pobliżu tego przejścia fazowego, ale dotyczy to systemów w pełni losowych we wszystkich pozostałych aspektach i parametrach.

Ja w r. 1974 przedstawiłem w Polsce a w 1975 w Paryżu na V Międzynarodowym Kongresie Biomatematyki pewien model tłumaczący źródło bardzo kontrowersyjnej rekapitulacji filogenezy w ontogenezie. Model ten oparłem na mojej sieci, którą nazywam agregatem automatów, zbliżonej do sieci Kauffmana. Podstawą koncepcji było przyjęcie na podstawie złożonej, umotywowanej oceny, że „życie toczy się w chaosie” – jak to dziś można krótko ująć. Wtedy jeszcze nie istniało pojęcie chaosu deterministycznego w sieciach skończonych. Skuteczne opublikowanie tego modelu napotkało dwie przeszkody – niechęć do tematu w biologii i sprzeczność z hipotezą Kauffmana. Na razie tego drugiego nikt mi nie wytknął, ale też nikt nie podjął dyskusji, mimo wielu publikacji. Pozostało mi więc wykazać, że życie toczy się w chaosie, a dokładniej – w „półchaosie”. W ciągu ostatnich kilku lat przeprowadziłem głębsze badania, mam ten dowód i właśnie w tym opracowaniu przedstawiam go najdokładniej. Część argumentów już publikowałem, ale w polskim artykule *Szk4* – „IV odcinku Szkicu dedukcyjnej teorii życia” publikowanym jedynie na <http://vixra.org/abs/1605.0063> przedstawiam temat w całości po raz pierwszy, wraz z ostatnimi, najsilniejszymi dowodami. Ponieważ pracuję samotnie, przed właściwą publikacją zagraniczną (Naaj - draft na <http://vixra.org/abs/1612.0390>) taka próba była konieczna. Niniejsze opracowanie dostępne na: <http://viXra.org/abs/1603.0220> jest do tych artykułów szerszą podstawą.

Kauffman użył do swojego modelu kilku parametrów i na nich rozpiął przestrzeń możliwych systemów. Jest w niej przejście fazowe, a najlepszy dla życia obszar tej przestrzeni wynikający z potrzeby małych zmian wynikowych leży w okolicy tego przejścia, głównie po stronie porządku. Tam ewolucja polegająca na małych zmianach permanentnych inicjujących zmianę funkcjonowania powinna mieć najlepsze efekty, więc obserwowane obiekty żywe powinny być systemami z tego obszaru. To jest właśnie hipoteza „życia na granicy chaosu”.

Błąd w tym modelu i rozumowaniu w zasadzie nie ma, ale jak każdy model, wiele elementów ma uproszczonych z założenia. Tu wiele rozmaitych parametrów, których model nie zamierza rozpatrywać, zostało potraktowane jako losowe, przez co przestrzeń możliwych systemów zawiera wszelkie warianty, a ma względnie mało wymiarów. I to też jest poprawne podejście do modelowania.

Problem polega na wyborze odpowiednich parametrów do rozważań w modelu, a ewolucja życia wykrywa wszelkie dostępne środki do adaptacji, co istotnie utrudnia ograniczenie się do małej liczby parametrów. Pominięcie tych wymiarów spowodowało brak dostrzeżenia możliwości jakie dają. W tej sytuacji wniosek, że życie dąży do wskazanego zakresu parametrów (gdy pozostałe są losowe) jest słuszny, ale już: że do tego obszaru dotarło i tam się toczy, słuszny być nie musi, bo te pominięte wymiary mogą dać bardziej atrakcyjne oferty.

Kauffman badał głównie parametr K (liczbę wejść do węzła) ustalając N (liczbę węzłów w sieci), a funkcje i stany węzłów miały być losowe. Badano jednak, co daje brak losowości tych elementów. Otrzymano pewne proste wnioski, które nie wydawały się podważać obrazu przejścia fazowego, ani hipotezy „życie na tej granicy chaosu”.

Moje badania poszły mniej prostą formalnie drogą. Usiłowałem oprzeć podwyższoną stabilność systemów chaotycznych w sensie modelu Kauffmana, na ujemnych sprzężeniach zwrotnych, których Kauffman praktycznie nie uwzględnił, choć zwrócił na nie uwagę. Wiadomo bowiem, że w obiektach żywych obserwuje się ich szczególne nagromadzenie i grają podstawową rolę w aspekcie stabilności. Wyniki potwierdziły ich istotną rolę, ale sugerowały jednoczesną konieczność krótkiego atraktora i cech modularności. Także modularność nie była wystarczająca w badanym zakresie, natomiast czynnik krótkiego atraktora okazał się samodzielnie wystarczający.

Stan skrajnie krótkiego atraktora, jakim jest atraktor punktowy, jako wyjściowy stan ewolucji, nie tylko dał specyficzny stan silnie podwyższonej stabilności nadający się do ewolucji i utrzymywany dowolnie długo warunkiem małej zmiany wynikowej, ale też utworzył cechy podobne do modularności mimo równomiernego połączenia węzłów. Stan ten nazwałem więc ro-modularnością. Ma on cechy bardzo zbliżone do opisanego przez Kauffmana stanu ciekłego (pomiędzy stałym – uporządkowanym, i gazowym – chaotycznym), w którym umieszczał on życie, ale system ma tu parametry „chaotyczne” (dawałyby dojrzale chaos, gdyby system był losowy). Pozostawienie małych zmian wynikowych nie wyprowadza z półchaosu, ale wystarczy akceptacja jednej dużej zmiany wynikowej (po małej inicjującej), by ta specyfika systemu znikła i system pozostał normalnie chaotyczny, zgodnie z tymi parametrami. Obszar ten bardziej kojarzy się więc z cieczą przegraną. Nie ma tu przejścia fazowego wymagającego, by system był albo chaotyczny albo uporządkowany, bo obie formy reakcji na małą zmianę inicjującą mają tu zbliżone prawdopodobieństwa – chaos w dojrzałej formie i porządek są tu obecne jednocześnie w podobnym stopniu. Z racji chaotycznych parametrów systemu ogólnie ten stan systemu powinien nazywać się „półchaotycznym”, jednak celniej jest twierdzić, że życie toczy się w drugiej połowie - „półporządku”. Na rozkładzie wielkości zmiany wynikowej (damage) mierzonej liczbą węzłów o odmiennym stanie niż w systemie niezaburzonym, są tu dwa piki rozdzielone przedziałem bez zliczeń – lewy dla zmian uporządkowanych (małych) i prawy dla zmian chaotycznych w pobliżu równowagi [Derridy](#). Obecność takich dwóch pików jest charakterystyczna dla obszaru ciekłego, szczególnie części leżącej w zakresie chaosu, jednak tam pik lewy zawierający przypadki uporządkowane jest znikomy i dla bardziej chaotycznych systemów – pomijalny. W półchaosie mimo parametrów bardziej chaotycznych systemów, oba piki mają podobną wielkość. Nazywając chaotyczną skończoną deterministyczną sieć nie twierdzimy, że każda mała inicjacja da wielką zmianę wynikową, a jedynie, że takimi inicjacjami są prawie wszystkie. Hipoteza Kauffmana także nie twierdzi, że w zakresie chaosu ewolucja życia jest niemożliwa, jedynie, że tu jej istotnie trudniej. Nawet jeżeli wszystkie inicjacje dawałyby zmiany wielkie, to jeszcze jest możliwe, że zanim zmiana funkcjonowania urośnie to takich rozmiarów upłynie dostatecznie długi czas, by ewoluujący obiekt zdążył się rozmnożyć i „zmutować”. Założenie, że „lawina damage” rośnie natychmiast po inicjacji nie musi być „niemal zawsze” słuszne.

Atraktor punktowy jest jednak skrajnością, więc sprawdziłem, że można odtworzyć stan ro-modularności opierając się na uzyskanym opisie tego stanu. Potwierdza to zupełność tego opisu. Sprawdziłem także, że do uzyskania półchaosu wystarczy zadać odpowiednio mały atraktor, ale nie jest to wtedy stan ro-modularności, a kształt piku małych zmian wynikowych jest w takim przypadku znacznie mniej nadający się dla ewolucji (istotnie węższy). W obu przypadkach długa kumulacja małych zmian wynikowych nie doprowadza do opuszczenia stanu półporządku. Do głównych badań jako zmiana inicjująca stosowana była punktowa (dla jednego stanu wejść) zmiana funkcji, ale sprawdziłem, że stosowanie zmian struktury (dodawanie lub odejmowanie węzła) także daje podobne wyniki.

Do założeń Kauffmana od początku miałem zastrzeżenie dotyczące liczby wariantów sygnału. Na prostym przykładzie termostatu wykazałem [[arj.it,Szk4](#)], że sieci logiczne nie zawsze są dostatecznie adekwatne do badań statystycznych. Podałem tam również inne argumenty interpretacyjne. W przedstawianych badaniach użyłem więc także więcej niż dwóch równoprawdopodobnych wariantów sygnału. Podtrzymuję też propozycję podaną już we wcześniejszych publikacjach, by dla sygnałów o większej liczbie wariantów pozostawić nazwę sieci Kauffmana, które dotąd są synonimem sieci logicznych (Boolowskich). Podany w artykule [Szk4](#) opis podstawowych algorytmów wystarczy do powtórzenia symulacji i weryfikacji wniosków, ale tu można znaleźć dużo więcej szczegółów i tematów, także pozostawionych do dalszego wyjaśnienia. Uzyskany wynik daje dostateczne podstawy do reinterpretacji hipotezy Kauffmana „życie na granicy chaosu”, która dla odróżnienia powinna przyjąć brzmienie „życie w półchaosie”. Tym samym algorytm użyty do moich wcześniejszych symulacji tendencji strukturalnych odpowiadających prawidłowościom ewolucji ontogenezy zyska dostatecznie silne podstawy, gdyż, jak wspominałem, dotychczasowe podstawy interpretacyjne w obliczu ogólnie przyjmowanej hipotezy Kauffmana wydawały się nieprzekonujące. Dopiero po tym można będzie omówić, ale to już w dalszych odcinkach serialu Szkic dedukcyjnej teorii życia, podstawowe tendencje strukturalne.

Wiadomo, że ewolucja życia wymaga olbrzymiej przestrzeni możliwości, co oferują jedynie systemy złożone. Ważnym wnioskiem z badań jest także, że system złożony opisujący ewoluujący obiekt żywy praktycznie musi być półchaotyczny. Takie ograniczenie jest informacją celową dla celu istnieć nadal (tych pojęć dotyczył pierwszy odcinek Szkiu), i jest to nieco bardziej pierwotna informacja celowa od rozmnażania, czego nikt się nie spodziewał, choć hipoteza „życie na granicy chaosu” wskazała już część tego twierdzenia. Także mała zmiana otrzymała tu nową perspektywę – jest warunkiem utrzymującym specyficzny stan półchaosu, ową pierwotną informacją celową. Przede wszystkim jednak otrzymała naturalną definicję wynikającą z radykalnej przerwy w rozkładzie wielkości damage pomiędzy pikami lewym i prawym. Razem półchaos oferuje podstawowy mechanizm darwinowski (duża zmiana to eliminacja), jednak do jego funkcjonowania trzeba dodać zmienne środowisko i rozmnażanie.

Jednak wybór stanu półchaotycznego nie jest już tak „za darmo”, jak to mogło wydawać się w ujęciu Kauffmana dla stanu porządku sieci losowych. Kauffmanowskie pojęcie porządku ma dwa aspekty, które pozwala rozróżnić teoria informacji celowej z pierwszego odcinka Szkiu. Jest to rozróżnienie informacji ogólnej – wyjątkowości wyboru np. budowy kryształu, i informacji celowej – wyjątkowości wyboru przyczyny do wcześniej wskazanego skutku. Kauffman łączy oba te rodzaje porządku i wskazuje na porządek – wynik nieliniowego charakteru systemu, jako na tą część, która nie wynika z mechanizmu darwinowskiego. Ma w tym rację, że ta część porządku nie jest wynikiem doboru naturalnego, ale też nie jest informacją celową. Traktowanie spontanicznego jego powstania jako generowanie informacji ogólnej także wymaga ostrożności przy wyborze zbioru dostępnych możliwości, co wiąże się z zakresem możliwych wyników procesu.

1.2 Wprowadzenie organizacyjne

Niniejsze opracowanie jest robocze. Pozostawiłem w nim skróty, mam nadzieję, że zrozumiałe. Często używam agr od agregat, była to moja pierwotna nazwa sieci, do czego się nadmiernie przyzwyczaiłem, przepraszam. Także zamiast ‘przywoitych’ węzłów używam ‘nody’, krótsze, a ja jestem leń. Mam świadomość, że w bardzo wielu miejscach brak jest jasności, o które dokładnie symulacje chodzi, co jest na osiach, względem czego liczone prawdopodobieństwo, gdzie jest dokumentacja, itp, itd. W trakcie pisania nie było tego widać, zwykle jak to czytam, też wszystko jest jasne, ale gdy coś zapomnę, to dopiero zauważam, że to tu być powinno a nie ma... Wiem też, że całość jest nie do przeczytania, tak wyszło, bo badania okazały się większe, niż planowałem. Ale trzeba było dać szansę Przeciwnikom, by mogli wskazać moje błędy, Oni muszą do tego jednak to przeczytać, inaczej narażą się na wskazanie gotowej odpowiedzi...

Opis badań ułożony jest merytorycznie i tematycznie, jednak chronologicznie pomieszany, bo często powracałem do wcześniejszych tematów, gdy przy innej okazji udało się pokonać jakiś problem lub stworzyć dużo lepsze narzędzie. Tak np. ‘krokodyle’ odkryte zostały dopiero w met4, ale później zastosowane do uzupełnienia badań met1,2 i 3. Oczywiście nie wszystkie badania były powtarzane, więc bywa, że zastosowane środki – rysunki, czy ‘krokodyle’ wyglądają ‘pierwotnie’, mimo wcześniej w tekście pokazanych ‘nowoczesnych’.

Wiele tematów zostało wstępnie rozpoznawanych i zaniechanych, mimo ich perspektywicznej atrakcyjności, ale nie da się zrobić wszystkiego, bo coś wypada zostawić dla Kontynuatorów, a też warto kiedyś dojść do ciekawego ‘końca’ i móc to pokazać. Poza tym, należy też zdążyć, bo liczenie na kończenie w wieku ponad 70 lat jest raczej nadmiarem optymizmu. Tak więc nie tylko można, ale nawet należy wybrać sobie jakiś niedokończony wątek i przedzierać się dalej przez ten dziewiczy busz.

W met3, np. brak jest sprawdzenia, czy uzyskane podwyższenie stabilności jest trwałe z kumulacją zmian ewolucyjnych (raczej nie). W met7 widać, że klastry A4 też mają sens i warto by opracować sensowniejszą formułę ich łączenia w klastry globalne. Porzucone po niepowodzeniu met2 i zbędności w met4 ujemne sprzężenia zwrotne także wymagają dalszego badania, choć już ich samodzielność jest raczej niedostateczna, to jako wspomaganie raczej okażą się podstawowe, podobnie modularność.

Ewentualnym Czytelnikom, prawdopodobnie biednym studentom, szczerze współczuję przedzierania się przez te notatki. Robiłem je jak najsumiennie, notowałem rzeczy ‘oczywiste’, ale gdy przychodziło do skorzystania z nich po czasie, sam miałem zwykle sporo kłopotu. Jednak bez nich cała ta robota rozwiała by się jak chmurka.

Opis ten powstał na podstawie doraźnych notatek, o wiele większych, gdzie większość stanowią walki z błędami lub dociekania przyczyn dziwnych zjawisk, które później okazywały się trywialne lub nie istotne. Te materiały istnieją, tak jak dokumentacje i wyniki symulacji oraz pliki Exela z ich opracowaniem. Jeżeli przyjdzie potrzeba sięgnięcia do tych materiałów, to jest to możliwe, ale do tego jestem już potrzebny. Mam nadzieję, że wszystko odnajdę i każdy szczegół da się sprawdzić.

Istnieją także programy w Pascalu i .exe do każdego eksperymentu, chętnie je udostępnię, ale bez mojej pomocy raczej nikt się przez to bagno nie przedrze. Może będzie miało sens powracanie do takich źródeł, jeżeli czyjeś wyniki powtarzające moje badania będą nieco zbyt inne. Wtedy trzeba by było sprawdzić, dlaczego.

Niniejsze opracowanie co prawda jest ‘samodzielną publikacją’, ale głównie jest uzupełnieniem do publikacji, głównie [Szk4](#). Następnie podstawą do skrótu po angielsku. Jest przede wszystkim pewniejszą formą pamięci dla mnie samego. W miarę kolejnych publikacji i prac w tym temacie, wprowadzane będą uzupełnienia i korekty.

Kolejne opracowania kolejnych metod powstawały w dużych odstępach czasu, co ma wpływ na ich postać, głównie celów badań i wstępów, gdzie wiele jest powtarzane. Reguły podziału na rysunki też ewoluowały. Nie doprowadzam tego do jednolitej postaci, nie usuwam powtórzeń. To jest opracowanie robocze.

Rysunki i tabele numerowane są w ramach rozdziałów ‘met’, a odniesienie do innego rozdziału i met ma postać : [m3.rys.2](#), czyli met3, rozdz.3 a w nim rys.2. Odwołania do [rysunków i tabel](#) zaznaczone są na czerwono, by je łatwo znaleźć w tekście. **Ważniejsze zdania są zaznaczone.** [Odniesienia literaturowe](#) także, ale później zrezygnowałem z ich podawania, do tego są publikacje.

Podział na metody met także zmieniał założenia w trakcie badań, ale z powodów dokumentacyjnych trudno było to później regulować. W wyniku jest mało konsekwentny, należy traktować to jako historię. Tak więc przepraszam za resztki bałaganu, ale to już tylko małe resztki... Przepraszam też za styl tego podrozdziału, ale jeżeli ktoś to jednak czyta, to na pewno nie polonista, nie w celu zachwycania się stylem, tylko w celach ratowania się, by coś z tego jednak zrozumieć. Więc szczerze zeznaję, jak jest.

Dziwna forma strony przyjęta została w wyniku mojej wewnętrznej potrzeby zmieszczenia na ekranie jak najwięcej, by dało się bez przewijania to studiować. Jest to do czytania na ekranie. Dlatego pilnuję, by nowe podrozdziały nie rozpoczynały się na dole strony, a treści zmieściły się (jak się da). Bywa więc, że część strony jest pusta.

Ważnym elementem jest dynamiczny spis treści na początku i jaskrawe kolory tytułów.

Rysunki w pliku pdf można powiększać, by dokładniej je analizować. Szczególnie krokodyle należy oglądać w odpowiednim powiększeniu, gdyż tam pojedyncze piksele często mają istotne znaczenie.

2 Wprowadzenie ujemnych sprzężeń zwrotnych - met1 i 2

2.1 Wstęp

2.1.1 Zadanie

Rozważania interpretacyjne nad obiektem żywym sugerują, że:

losowa reakcja jest chaotyczna, a stabilność jest osiągana aktywnie przez wyszukane (selekcją naturalną) reakcje, na pewno nielosowe.

Spodziewamy się, że życie realizuje to na drodze ujemnych sprzężeń zwrotnych.

W tym zakresie mam intuicyjny obraz, który należałoby potwierdzić symulacyjnie:

System ma parametry, które system losowy definiują jako chaotyczny, jednak w rozkładzie wielkości damage, oprócz klasycznego pik „prawego” wielkich damage w okolicy równowagi **Derridy** wynikającego z chaosu, jest także pik „lewy” małych damage zawierający reakcje uporządkowane, czyli wyselekcjonowane reakcje nielosowe podwyższające stabilność. Ten obraz był podstawą algorytmu ‘reversed-annealed’, opartego na przesłankach interpretacyjnych. Konflikt z aktualnie przyjmowanymi wyobrażeniami reprezentowanymi przez hasło „życie na granicy chaosu”, wymaga wzmocnienia podstaw i pokazania właściwego miejsca dla życia w przestrzeni systemów częściowo losowych.

Obserwujemy system w odcinku dłuższym niż cykl atraktora, ten cykl jest stosunkowo krótki. Zmiana jest co prawda stała, np. punktowa w funkcji, ale wygasa jak chwilowa bo manifestuje się raz, może kilka razy w krótkim cyklu. Atraktor globalny może być złożony z wielu takich równoczesnych krótkich cykli, realizujących ujemne sprzężenia zwrotne - jak to typowo obserwujemy w żywych organizmach.

Aby zgodnie z tą heurystyczną sugestią budować model obiektów żywych, należy przede wszystkim sprawdzić, czy istnieją takie systemy jednocześnie chaotyczne i uporządkowane, i czym się różnią od losowych.

Czyli poszukać: **jak należy zmodyfikować losowy system chaotyczny by znacząco podwyższyć jego stabilność w obliczu zmian losowych.**

Z założenia, tą serię badań [met1 i 2] ograniczamy do doboru funkcji, pozostawiając bez zmian losową strukturę połączeń i losowe stany początkowe.

Oczekujemy, że struktura losowa zawiera dostatecznie dużo sprzężeń zwrotnych, które tak da się zmienić na ujemne.

Powyższe zadanie sprowadza się więc w uproszczeniu do sprawdzenia:

czy wystarczy dodać do chaotycznego systemu losowego nielosowe zachowanie poprawiające stabilność

by znacząco podwyższyć jego stabilność w obliczu zmian losowych.

Główny wynik

Odpowiedź okaże się ogólnie negatywna, co będzie zaskoczeniem, jednak wyjątki wskazują, że problem leży głównie w długości atraktora i ścieżce dojścia do niego.

2.1.2 Założenia ogólne

W naturalnym mechanizmie ewolucji zmienność losowa dobierana jest według skutku (w odniesieniu do stabilności), ale dotyczy ona już systemu nielosowego i gromadzona jest b. długo.

W przyjętym zadaniu poszukujemy różnicy pomiędzy systemem losowym o parametrach chaotycznych, a takim, który wykazuje istotnie podwyższoną stabilność mimo takich samych parametrów chaotycznych (gdyby był losowy); nie zamierzamy odtwarzać sposobu naturalnego gromadzenia odpowiednich zmian, w którym zmiany są losowe oceniane według skutku, a dobieramy zmiany o określonych cechach, które uważamy za „odpowiednie” i sprawdzimy, czy daje to oczekiwany skutek.

Najprostszą realizacją takiego zadania jest wygaszanie damage w zaburzonym systemie na pewnym odcinku tmx trajektorii poprzez odpowiednią zmianę funkcji.

Tak więc po losowym wygenerowaniu sieci o zadanych parametrach N , s , K i typie, określającym połączenia, funkcje i stany początkowe, zapisywano trajektorię tmx kroków obliczanych synchronicznie.

Następnie kolejno w każdym nodzie inicjowano permanentną (dla danego zaburzenia na całej tmx) zmianę 'punktową' funkcji (tylko dla początkowego stanu wejściowego), kolejno na wszystkie pozostałe możliwe wartości. To były małe zmiany inicjujące, modelujące zmiany ewolucyjne. Dla $s=4$ można tak zainicjować dany nod na 3 sposoby, dla $s=2$ na 1 sposób.

Pierwszy komplet inicjacji dawał pomiar stabilności systemu dzikiego, tzn. w pełni losowego, jeszcze bez zmian korygujących. W trakcie następnego kopletu inicjacji dokonywane były zmiany korygujące metodą 1 (**met1**). Metoda 2 (**met2**) wymaga wielu kompletów inicjacji. Pomiar stabilności po korekcie wymaga następnego kompletu inicjacji. W met1 wykonywano 2 tury korekty i pomiaru po nim, w celu określenia, czy druga tura coś jeszcze pomaga.

Stabilność mierzona była stopniem porządku q (symbol użyty za [Ramo06], zmieniony z r używanego przeze mnie dotąd [it,arj,brj]), czyli liczbą inicjacji, które w chwili tmx miały $A < \text{progu}$ w stosunku do wszystkich ini. Jeżeli wykażemy, że małe permanentne zmiany losowe nie zmieniają $q(\text{tmx})$, to powielenie $1/q$ razy w chwili tmx z taką małą permanentną zmianą powinno utrzymać liczebność, mimo chaotyczności ewoluujących systemów. (W wersji polskiej tego tekstu, którą nie sądzę, by Ktoś kiedyś zechciał przeczytać, pozwoiliem sobie pozostawić mój żargon: agregat (agr) na określenie konkretnej sieci, nod zamiast wierzchołka czy węzła sieci, pozostawiłem też skróty takie jak ini – inicjacje, wej – wejściowe czy wejścia.)

2.1.3 met1

Pierwszy wariant metody wygaszania damage został nazwany **met1**.

Aby nie zmieniać wzorcowej trajektorii, korekta funkcji systemu zaburzonego może dotyczyć tylko stanów wejściowych danego nodu nie używanych w tej trajektorii. Znalezione więc dla każdego nodu zbiór nieużywanych stanów wejściowych. Zbiór ten oczywiście zmniejsza się gdy długość tmx odcinka chronionej trajektorii rośnie, ale nie jest to zależność liniowa i nawet dla większych tmx zwykle nie jest on pusty.

Jeżeli po inicjacji zaburzenia w trakcie obliczania nowej trajektorii nod dostaje nieużywany dotąd stan wejściowy, a jego funkcja daje stan odmienny od wzorca, to można tą funkcję skorygować tak, by wygasić to odstępstwo, a dotychczasowa trajektoria nie ulegnie zmianie. Jest to model zbliżony do działania ujemnych sprzężeń zwrotnych.

Aby zapasy nieużywanych stanów wejściowych rozdzielić możliwie równomiernie na wszystkie inicjacje ograniczono taką zmianę funkcji do sytuacji, gdy aktualne $A < 3$ a dla jednej inicjacji najwyżej 15 takich korekt. W drugiej turze korekcji zmniejszono ograniczenia do $A < 7$ i 30 korekt na inicjację. Druga tura dawała wyniki nieznacznie (mniej niż 1%) lepsze i one były brane jako wynik metody. Oczywiście, korekty były uwzględniane, a ich stany wejściowe zaliczane do używanych, jedynie, gdy dały efekt, tj. $A(\text{tmx}) < \text{progu}$ ($=60$ dla $N=400$). Procedura taka generuje system (w zakresie funkcji) o podwyższonej stabilności, ale dla określonego stanu początkowego. Nie zmienia ona pierwotnie założonej trajektorii, czyli systemu wzorcowego, który pozostaje w pełni losowy.

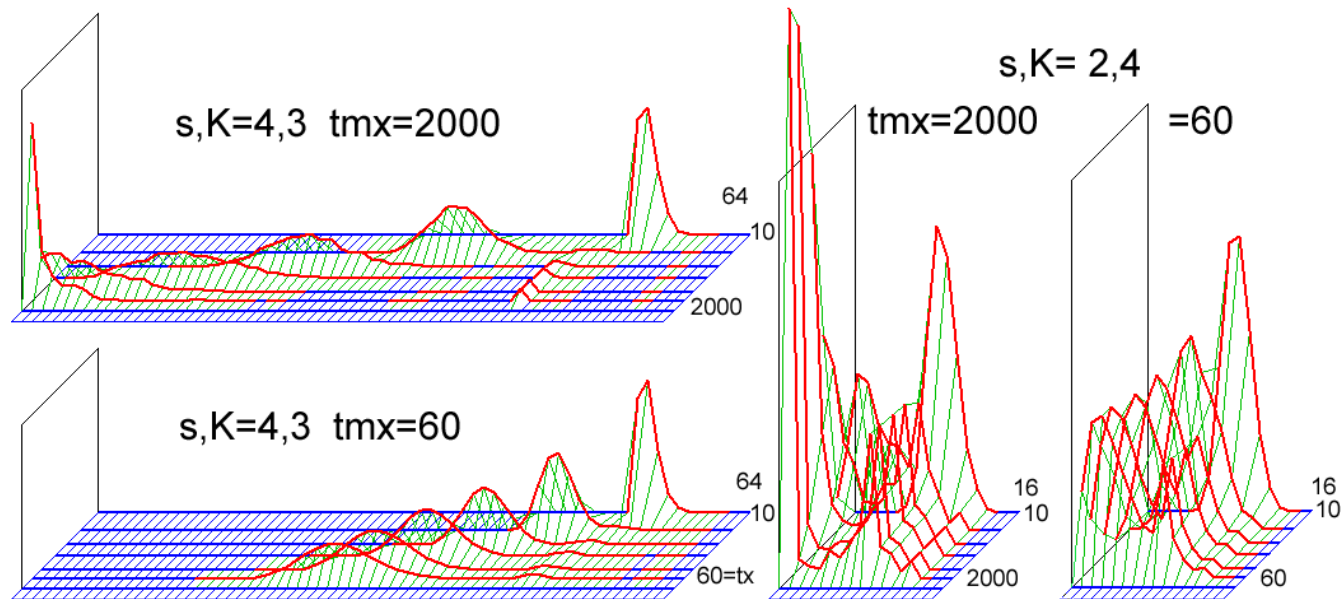
Metoda 1 testowana wstępnie na $\text{tmx}=60$ $N=400$ i 4000 dała dla $s=2$ (sieć RBN) przy $K=4$ efekty znacznie poniżej satysfakcjonujących, natomiast dla $s=4$ przy $K=3$ wyniki były lepsze od spodziewanych na podstawie uproszczonego algorytmu „reversed-annealed” stosowanego wcześniej w moich pracach. Wyniki i porównania przedstawia rys.2.

2.1.4 met2

Okazało się również, że dla większych tmx zbiór nieużywanych był dość mały, a większość inicjacji eksplodowała na krótkim pierwszym odcinku t . Odstąpiono więc od narzucania trajektorii (oraz pozostawiania losowego systemu wzorcowego) i budowano trajektorię i system rekurencyjnie tak, by okazały się stabilne, jednak nadal jedynie na trajektorii startującej z pierwotnego stanu początkowego. Jest to założenie bardziej zbliżone do ewolucji. W tym przypadku korygowano system poczynając od odcinka trajektorii kończącego się na $\text{tx}=10$ z warunkiem jak w I korekcie met1 ($A < 3$, do 15 korekt na ini), a po skompletowaniu wszystkich możliwych ini i korekt w zakresie tego odcinka, liczono nową trajektorię, dłuższą o następne 10, nowym, już skorygowanym systemem i ponawiano procedurę korekty, aż $\text{tx}=\text{tmx}$. (Liczbę korekt w zależności od t pokazuje rys.12 dla zmodyfikowanej metody met2 200.) Dopiero tak określony system generował trajektorię o długości tmx i ta była badana (już bez dalszych korekt) na ile wzrosła jej stabilność na odcinku tmx. Ta metoda nazwana została **met2** i dała (dla tych samych parametrów co met1) znacznie silniejszy efekt niż met1 nawet po II korekcie (patrz. rys.2).

Należy zauważyć, że modyfikacje losowych funkcji szły w kierunku zmian wartości na już użyte dla innych stanów wejściowych, więc było to zwięzanie funkcji, które samo powinno dawać zwiększenie stabilności bez związku z przypisaniem konkretnych funkcji do konkretnych nodów w strukturze. Porównywano więc uzyskaną stabilność nie tylko z niemodyfikowanym (dzikim=wild) systemem, ale też z systemem, gdzie uzyskane podczas korekty funkcje były przypisane innym nodom. To na rys.2 opisano jako fn2.

Istotnym elementem opisywanych metod wygaszania damage jest dostępność nieużywanych stanów wej. Należy zauważyć, że dla $s,K=2,4$ wszystkich stanów wejściowych nodu jest $2^4=16$ a dla $s,K=4,3$ jest ich $4^3=64$. Rozkład nieużywanych stanów wejściowych (rys.1) podobny jest dla sieci f i r, więc pokazuję go jedynie dla f, dla której występują większe fluktuacje, w tym ciekawe mniejsze piki dla wysokich wartości utrzymujące się dla kolejnych tx. Wynikają one z obecności krótkich pętli, w których uczestniczą tworzące je nody. Dla $tmx=60$ jest tu pokazany stan dla kolejnych 6 tx zwiększanych o 10, dla $tmx=2000$ są to stany dla $tx=10, 40, 90, 200, 600$ i 2000 . Jak widać, liczby dostępnych nieużywanych stanów wej dla $tx=600$ są już małe a dla 2000 - bardzo małe, ale znacząca liczba nodów pozostaje w pętliach, których długość szacować można na około 20. Te nody, choć mają ogromny zapas nieużywanych stanów wej, to trudno im z nich skorzystać, gdyż oznaczałoby to zwykle zniszczenie tej pętli i wielką zmianę. W sieci r takich krótkich pętli jest znacznie mniej.



Rys.1. Rozkłady nieużywanych stanów wejściowych dla sieci typu f dla 6 różnych tx. Dla sieci r są one bardzo zbliżone. Dla $tmx=60$ pokazano wszystkie 6 kroków w met2, dla $tmx=2000$ są to wybrane $tx=10, 40, 90, 200, 600$ i 2000 . W każdym wariantcie widać utrzymujące się piki dla większych ilości nieużywanych stanów wejściowych wynikające z obecności trwałych krótkich pętli, których zniszczenie musi wywołać wielką zmianę. Dla końcowych odcinków przy $tmx=2000$ stany nieużywane są już na wyczerpaniu. (Ostre odcięcie na 54 dla $s,K=4,3$ i $tx=10$ wynika z możliwości użycia w 10 krokach najwyżej 10 z 64 różnych stanów wejściowych.)

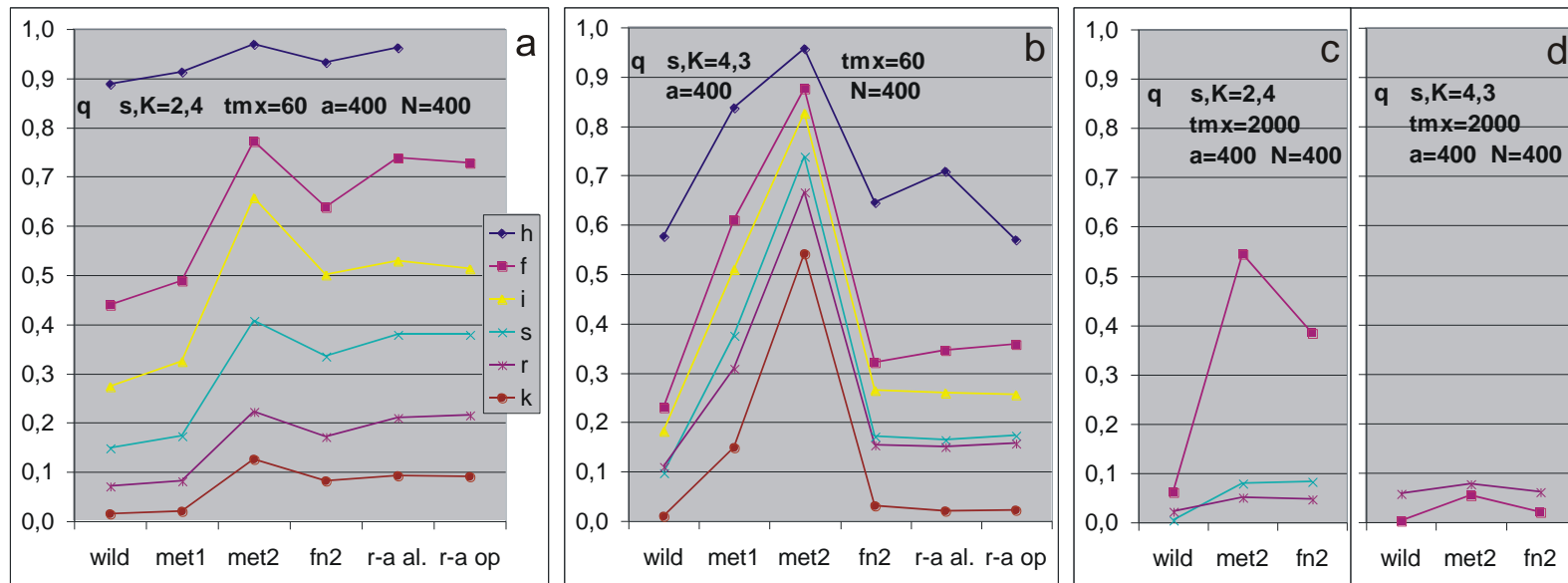
W badaniach związku uzyskanych stabilności z długością tmx trajektorii stosowano korektę na całym odcinku tmx co 10 t. Powodowało to bardzo duże zwiększenie czasu symulacji, co jednak było mało celowe, gdyż w późniejszych odcinkach liczba korekt radykalnie spadła z uwagi na wyczerpanie się nieużywanych stanów wejściowych. W dalszych badaniach, dla znacznie większych tmx (np. 4000 do 20000), badano inne zjawiska, niż stopień wzrostu stabilności i można było ograniczyć korektę do np. początkowego odcinka $tmx=200$ co odnotowano w nazwie jako 'moc' metody, (met2 200).

2.2 Pierwszy eksperyment

2.2.1 Założenia

W pierwszym eksperymencie założona została długość badanej trajektorii $tmx=60$ i $N=400$ lub 4000 . Porównywano stopień porządku q (liczba ini dla których $A < \text{próg}$ do/ wszystkich ini) dla $s, K=4,3$ i $2,4$; dla 6 sieci badanych wcześniej [arj,brj,it] algorytmem reversed-annealed. Porównano q tych sieci dla stanu dzikiego (wild), met1 (po drugiej turze), met2, funkcji po met2 bez związku ze strukturą, oraz wcześniejszych wyników z alg rev-ann dla sieci autonomicznych (jak aktualnie badane) i sieci otwartych (open, z 64 we i wy).

Wyniki uzyskane dla 400 agr o $N=400$ i 20 agr o $N=4000$ okazały się praktycznie identyczne. Ponieważ obecne wyniki dla $N=400$ mają większą dokładność użyto ich wraz z danymi z alg r-a dla sieci otwartych, które były jedynie dla $N=4000$.



Rys.2. Porównanie stopnia porządku q uzyskanego w met1 i met2 do systemu losowego (wild), efektu samego zwięzienia funkcji w met2 (fn2) i wyników algorytmu r-a w wersji autonomicznej i otwartej (op); dla różnych typów sieci stosowanych wcześniej z użyciem alg. r-a (patrz [arj, brj, it]). Najważniejsze z nich to f-scale free, s-single scale, r-Random Erdos-Renyi. Dalej badane są głównie r i f, oraz s. Wyniki symulacji (dla wild, met1, met2, fn2) dla $tmx=60$, 400 sieci z $N=400$ nodami, są praktycznie identyczne z 20 agr po $N=4000$ nodów. Dane dla alg. r-a sieci autonomicznych także dla $N=400$, tylko r-a alg. open z $N=4000$. Jednak porównanie z wynikami r-a alg. open na wartości po wyznaczeniu zależności od tmx co obrazują wykresy c i d dla $tmx=2000$, (patrz też rys.4). Sugeruje to, że met2 byłaby skuteczna, gdyby atraktor miał długość podobną do $tmx=60$.

2.2.2 Wyniki

Wyniki tego wstępnego eksperymentu (rys.2) mają znaczenie głównie dla porównania typów sieci i metod.

Pozwoliło to na **wybranie met2** jako wyraźnie silniejszej od met1, wygodniejszego **$N=400$ i dwóch sieci do dalszych badań**. Są to najbardziej znane, przez to najciekawsze sieci f (scale-free) i r (Random Erdos-Renyi), jednocześnie umiarkowanie skrajne. Sieć scale-free jest szczególnie uporządkowana, a Erdos-Renyi szczególnie chaotyczna. Znajomość ich zachowania pozwala na oszacowanie zachowań pozostałych typów sieci. (Dalej jednak włączono do badań także sieć s single-scale z innych powodów.) Dla oceny met2 istotną informacją jest **udział samego zwięzienia funkcji w podniesieniu stabilności**, który jest ubocznym efektem obu metod. Widać, że ma on spore znaczenie dla $s, K=2,4$ a nieistotne dla $4,3$. Analizując ten aspekt policzono **internal homogeneity P [ooKauf]**, które względem dzikiego (o wartości dokładnie równej teoretycznej) jest wyraźnie powiększone (**tabela 1**). Odpowiednik dla $s, K=4,3$ obrazują 4 liczby, które jednak niewiele mówią.

Tabela 1. Internal homogeneity P dla $s, K=2,4$ $tmx=60$

wild=0,59827	h	f	i	s	r	k
met1	0,6098	0,6040	0,6060	0,6049	0,6046	0,6041
met2	0,6161	0,6286	0,6379	0,6429	0,6446	0,6462

Porównanie do wyników alg.r-a miało na celu zastąpienie argumentów heurystycznych dotyczących założeń tego algorytmu, wskazaniem, że efekt nielosowego wygaszania damage jest podobny, do wyników tego algorytmu. Na tym etapie takie wnioski byłyby znacznie za wczesne, ale w tym problemie takie porównanie jest cenną wskazówką dla dalszych badań. Zbadano więc, czy zmiany rozkładu wielkości damage wynikłe z metody wygaszania damage prowadzą w kierunku rozkładów oczekiwanych tj. uzyskiwanych w r -a alg. Zmiany te pokazuje **rys.3**, na których osobno pokazano w skali logarytmicznej pik lewy małych damage (**rys.3.a-d**), oraz pik prawy (**rys.3.e-h**) zawierający przypadki chaotyczne w okolicy stanu równowagi **Derridy**. Należy zauważyć, że te wyniki dotyczą $tmx=60$, którego niedostateczną adekwatność wskazano już na **rys. 2.c i d**. Na **rys.3.b** dotyczącym piku lewego dla dotychczas badanej sieci RBN, czyli $r 2,4$, dodatkowo zamieszczono dla porównania rozkład uzyskany z rev-ann alg., i teoretyczne przewidywania Serry [**Serrajtb07, równ. (4.11)**] i Ramo [**Ramo06, równanie (9)**] wykonane dla porównania z danymi empirycznymi z badania bakterii [**Hughes00**]. Empiryczny rozkład dobrze zgadza się z tymi przewidywaniami i algorytmem r -a, jednak interpretacyjne podstawy teoretycznych przewidywań Serry i Ramo, zakładające losową sieć uporządkowaną (RBN) z $K=2$ są dla mnie trudne do przyjęcia i niniejszymi badaniami próbuję wskazać bardziej adekwatne podstawy. Otrzymany w met2 kształt lewego piku jest jednak wyraźnie inny.

Dalsze badania zależności wyników met2 od tmx istotnie zmniejszyły pik lewy dla większych tmx , co także pokazano dla porównania na **rys.3 a-d** dla $tmx=2000$ przedstawiających badany lewy pik w skali logarytmicznej. Brak danych i spore fluktuacje dla większych A wynikają tu ze zbyt małej próby i bardzo małych prawdopodobieństw. Pokazane tu wyniki można traktować jako sugestie, że gdyby atraktor był rzędu użytego tu tmx , to system zachowywałby się w podobny sposób. Wyniki z późniejszych symulacji met2 200 dla $tmx=20000$ są w większości jeszcze bardziej radykalne mimo większej próby.

Pozostał do zbadania wpływ parametru tmx , który okazał się podstawowy dla problemu rzeczywistej stabilności sieci.

2.3 Drugi eksperyment - wpływ parametru tmx w met2.

Sieci losowe, szczególnie z $s > 2$, mają zwykle bardzo długie atraktory. W czasie przystępowania do eksperymentu wydawały się one poza możliwością i sensem śledzenia. Arbitralny wybór długości śledzonego odcinka był więc konieczny dla oszacowania skuteczności metod i wpływu parametrów s, K oraz typu sieci. Metoda wygaszania damage dawała też nadzieję na skrócenie atraktora globalnego, a przede wszystkim – cykli lokalnych co mogło skutkować wejściem w oczekiwany obszar podwyższonej stabilności. Uzupełnieniem tego oszacowania był więc drugi eksperyment, już tylko dla sieci typu f i r (uzupełniony później przez $s, 2,4$) oraz $s, K = 2,4$ i $4,3$ określający zachowanie się stabilności z wydłużaniem śledzonej trajektorii (wzrostem tmx). Czas symulacji met2 silnie rośnie z tmx , ale jednocześnie ubywa nieużywanych stanów wejściowych, przez co w kolejnych przyrostach tx po 10 kroków korekta ma coraz mniejszy wpływ. Wskazuje na to m.in. wyżej pokazany na **rys.1** rozkład liczby nieużywanych stanów wej dla nodów oraz **rys.12** pokazujący zależność liczby korekt od t w ostatecznych symulacjach met2 200. Z tej przyczyny zakres badania został ograniczony do $tmx=2000$.

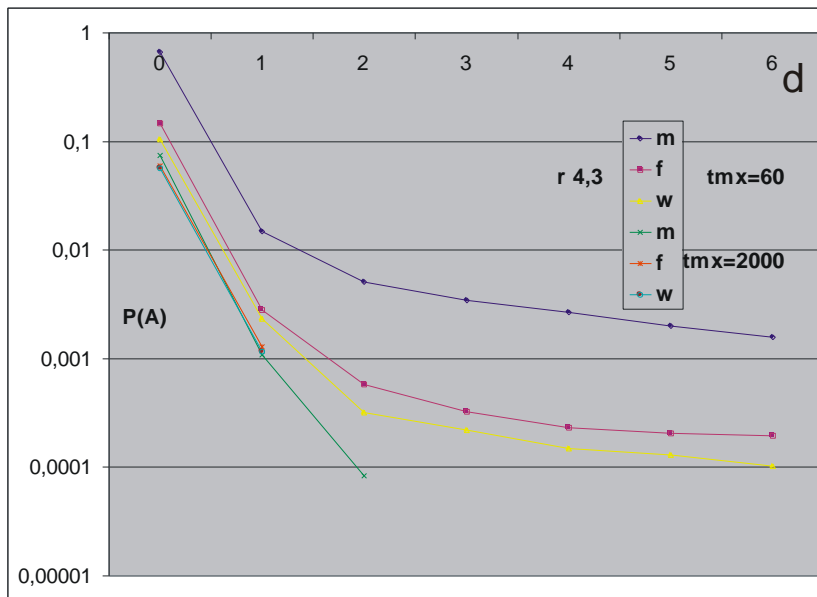
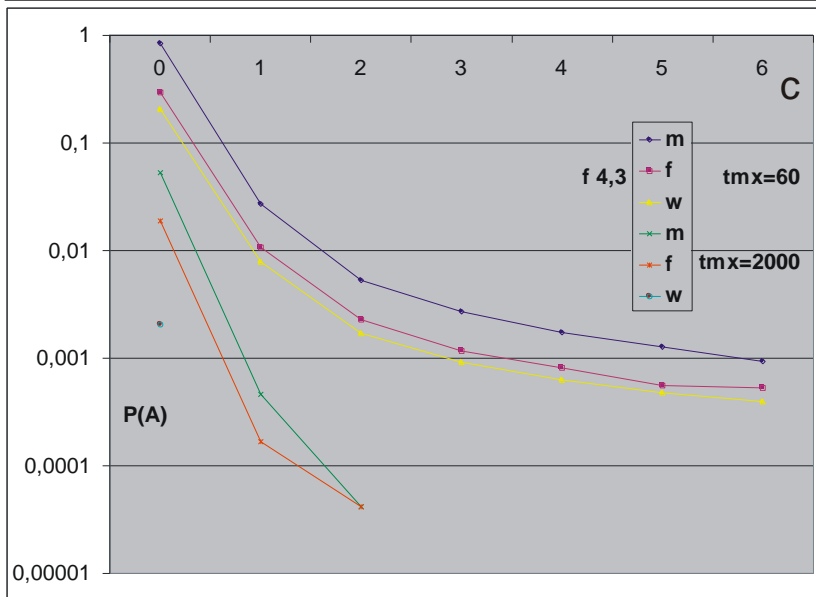
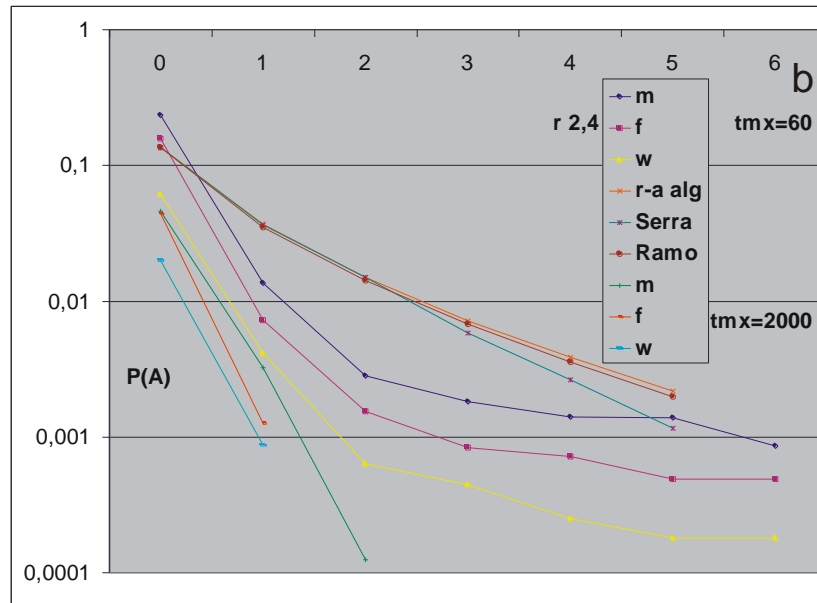
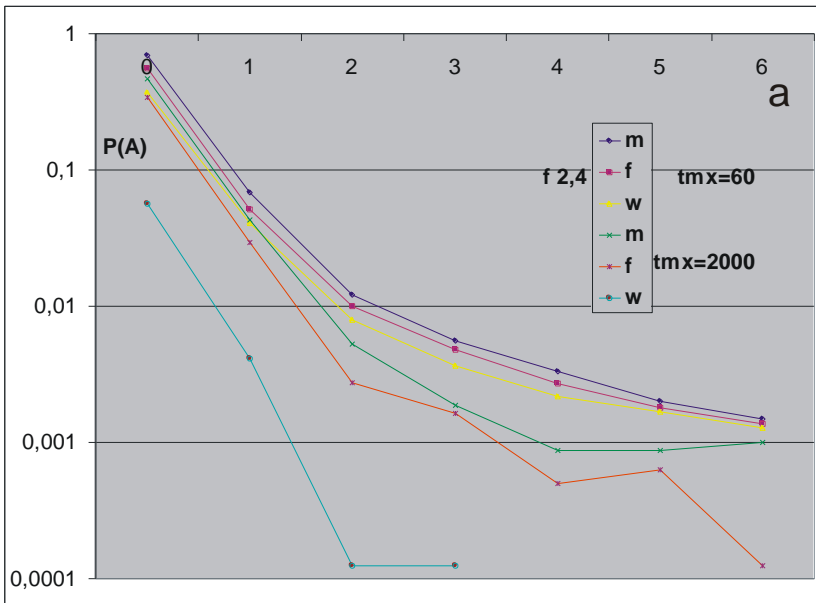
Uzyskaną zależność stopnia porządku q od tmx – długości śledzonego odcinka trajektorii przedstawia **rys. 4**.

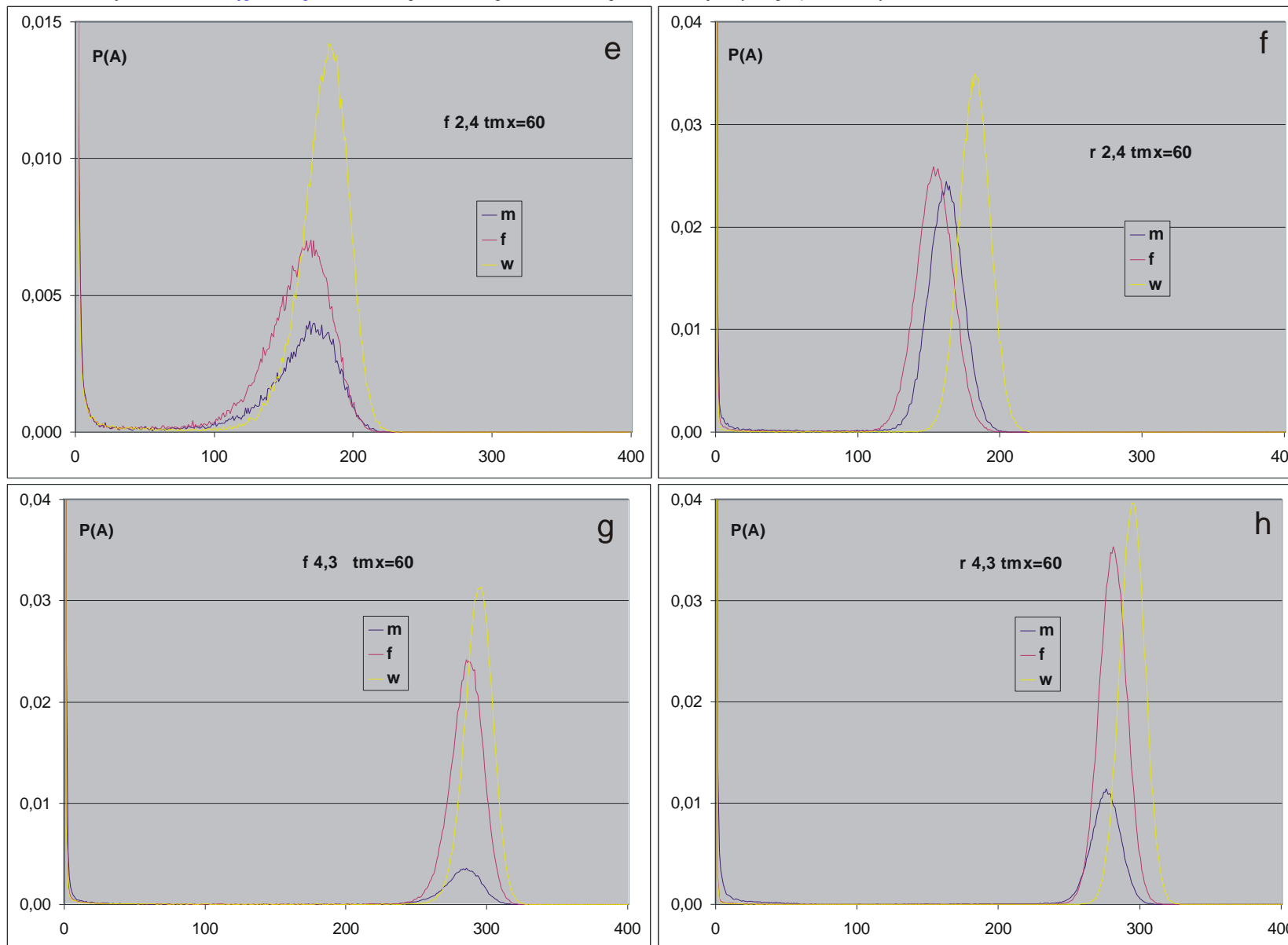
Niestety, wydłużając tmx , stopień porządku q na końcu odcinka skutecznie spada nie dając nadziei na zatrzymanie się na jakimś stałym, podwyższonym poziomie. Tylko $f, 2,4$ wydaje się wchodzić w plateau na wyraźnie wysokim poziomie, a $r, 2,4$ może posiada nieznacznie podwyższenie poziomu asymptoty. Dla sieci Random zaznaczony jest dolne ograniczenie badanych krzywych wynikające z obecności w sieci wierzchołków ‘ślepych’, tzn. bez wyjścia ($k=0$).

Uzyskanie wyniku dla f oraz $r, 2,4$ sugerowały sprawdzenie zachowania się sieci pośredniej $s, 2,4$. Dało ono rzeczywiście pośredni wynik, który pozwala mieć nadzieję na asymptotę wyraźnie, choć nie dużo podwyższoną, choć jest to efekt jedynie zwężenia funkcji. Ponadto badanie to dało zdumiewające przecięcie $m2$ i $fn2$ poniżej $tmx=2000$. Oba te wyniki powodowały przedłużenie badania do $tmx=3000$ i zwiększenie próby dla $tmx=2000$ i 3000 o następne 20 agregatów. Drugi pomiar w $tmx=2000$ potwierdził owo przecięcie, wystąpiło ono także (ale słabiej) w jednym z 2 pomiarów (po 20 agr) w $tmx=3000$, ale w drugim wyraźnie $q(m2) > q(fn2)$ zlikwidowało ten efekt. Te okoliczności spowodowały, że $s, 2,4$ włączono do dalszych badań.

Wejściowe stany nieużywane już niemal się skończyły (**rys.1**), a największy $tmx=2000$ czy 3000 był ciągle znikomo mały w porównaniu z przeciętnym atraktorem. W **[ooKauf]** atraktor dla RBN szacowany jest (co prawda dla $K > 5$) na $0.5 * 2^{BN}$ gdzie $B = (1/P)^{1/2}$, czyli dla $N=400$ i $P=.5982$ ($K=4$) wynosi ponad 2^{500} , należy jednak oczekiwać dużego rozmycia wokół tej wartości i zmniejszenia jej po zastosowaniu met2. Można było oczekiwać, że taki właśnie efekt odpowiada za zachowanie się $f, 2,4$.

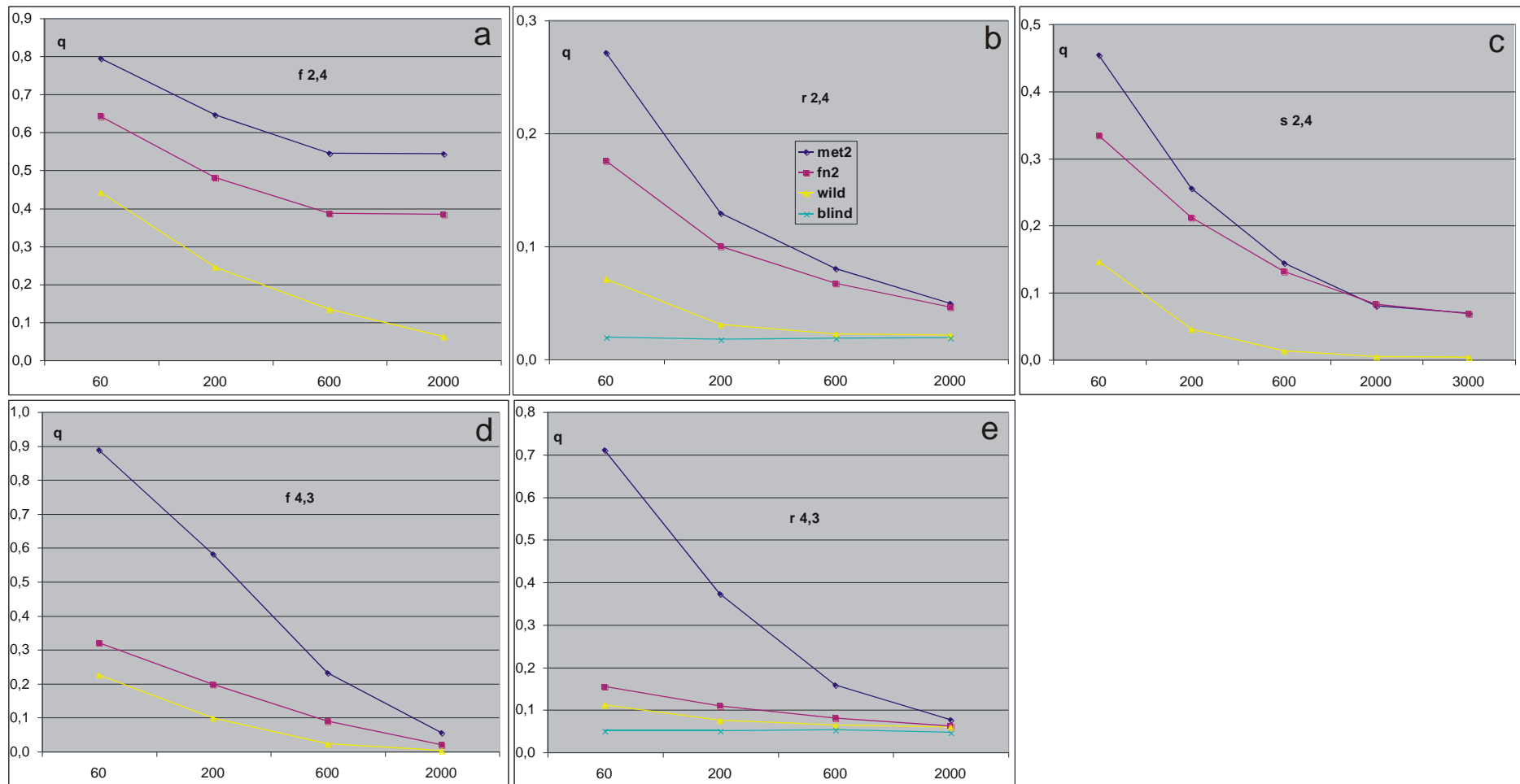
Dla 200 sieci $r, 2,4$ po nieco słabszej metodzie wygaszania (trzeci eksperyment) nie znaleziono w zakresie $tmx=10000$ ani jednego atraktora, natomiast dla $f, 2,4$ tylko 19% nie przeszło 1 cyklu atr. Wejście w drugi obrót atraktora przerywa dalszy spadek liczby $A < \text{progu}$, więc jak najszybsze wejście w możliwie krótki atraktor jest sposobem na wyższy stały poziom stabilności, który usiłujemy tu osiągnąć.



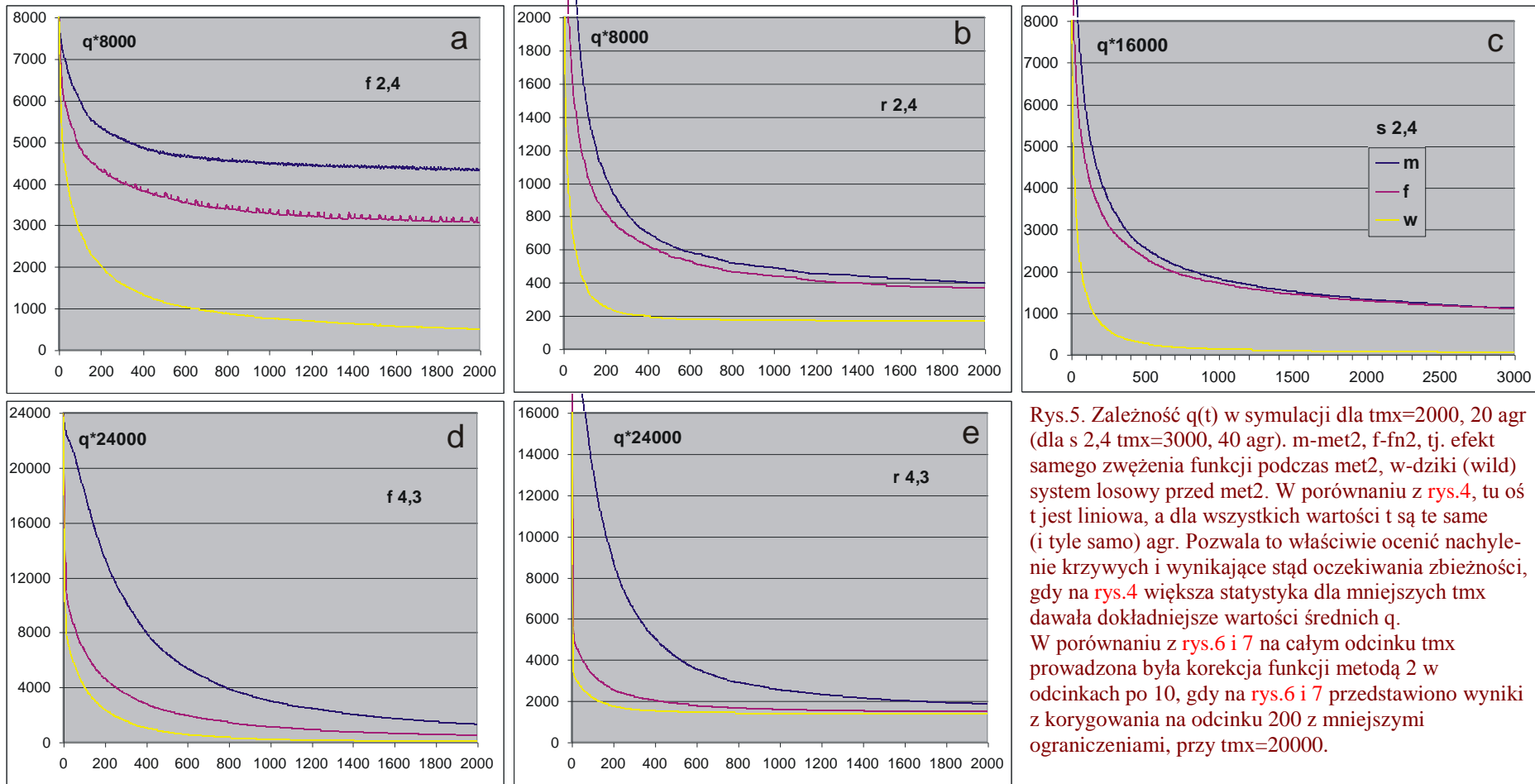


Rys.3. $P(A)$ uzyskane na $tmx=60$ dla sieci scale-free (f) i Random Erdosza-Renyi (r), $s, K = 2, 4$ i $4, 3$. m-met2, f-fn2 wynik samego zwężenia funkcji po met2, w-dziki (wild) sieć losowa bez korekt. Osobno przedstawiony jest w skali logarytmicznej najbardziej interesujący w tych badaniach pik lewy (a-d). Dla $r 2, 4$ dodatkowo zamieszczono rozkład uzyskany z rev-ann alg., i teoretyczne rozkłady Serry [Serrajtb07], $p(A) = b_A w^{A-1} e^{-wA}$ równ. (4.11) (gdzie $b_1=b_2=1$, $b_3=3/2$, $b_4=13/6$, $b_5=29/8$, $b_6=237/40$, jednak z przyczyn interpretacyjnych A liczy się tu od 1 co odpowiada $A=0$ w obecnych symulacjach) oraz Ramo [Ramo06], $\sqrt{1/2\pi} w^{A-1} A^{-3/2} e^{(1-w)A}$ równanie (9). Empiryczny

rozkład z badania bakterii [Hughes00] dobrze zgadza się z tymi przewidywaniami (dla $K=2$) i algorytmem r-a, jednak rozkład uzyskany z met2 jest wyraźnie inny. Dodatkowo jest on silnie zależny od tmx , co obrazują zamieszczone dla porównania na rys.a-d wyniki dla $tmx=2000$ (patrz rys.4). Przesunięcie w lewo względem dzikiego pików prawych (e-h) dotyczących równowagi Derridy wynika głównie ze zwięzienia funkcji.



Rys.4. Zależność $q(tmx)$ stopnia porządku q od tmx dla: met2, samego zwięzienia funkcji w trakcie met2, sieci losowej (wild), dla sieci f i r ; oraz s, $K=2,4$ i $4,3$. Dodatkowo dla s 2,4. Dla sieci Random wskazano także poziom ewentualnej asymptoty wynikający z obecności w tej sieci węzłów ślepych (bez wyjść). $N=400$. Liczba agr dobrana ze względu na dokładność wyników i czas symulacji wynosi kolejno od $tmx=60$: 400, 80, 40, 20 agr. Jak widać, tylko f 2,4 wydaje się wchodzić w plateau. Pozostałe sieci f oraz r w $tmx=2000$ nie są dalekie od zbliżenia się krzywych m2 do hipotetycznej asymptoty, a ta asymptota nie znajduje się na wyraźnie podwyższonym poziomie. Dodatkowe badanie sieci s 2,4 pośredniej między f a r, dało rzeczywiście pośredni wynik, który pozwala mieć nadzieję na asymptotę wyraźnie, choć nie dużo podwyższoną. Ponadto badanie to dało zdumiewające przecięcie m2 i fn2 poniżej $tmx=2000$, co razem spowodowało przedłużenie badania do $tmx=3000$ i zwiększenie próby dla $tmx=2000$ i 3000 do 40 agregatów.



Rys.5. Zależność $q(t)$ w symulacji dla $tmx=2000$, 20 agr (dla $s\ 2,4$ $tmx=3000$, 40 agr). m -met2, f -fn2, tj. efekt samego zwężenia funkcji podczas met2, w -dziki (wild) system losowy przed met2. W porównaniu z rys.4, tu os t jest liniowa, a dla wszystkich wartości t są te same (i tyle samo) agr. Pozwala to właściwie ocenić nachylenie krzywych i wynikające stąd oczekiwania zbieżności, gdy na rys.4 większa statystyka dla mniejszych tmx dawała dokładniejsze wartości średnich q . W porównaniu z rys.6 i 7 na całym odcinku tmx prowadzona była korekcja funkcji metodą 2 w odcinkach po 10, gdy na rys.6 i 7 przedstawiono wyniki z korygowania na odcinku 200 z mniejszymi ograniczeniami, przy $tmx=20000$.

W przedstawieniu zależności stabilności q od długości trajektorii na rys.4 dla różnych tmx mamy nieco różne systemy, gdyż korekta met2 dokonywana była na całej długości tmx . Pozioma oś zbliżona jest do logarytmicznej, a kolejne punkty są wynikiem uśrednienia efektów coraz mniejszej liczby sieci, zazwyczaj nie powtarzających się. Daje to większą dokładność pomiaru tam, gdzie to jest możliwe i sensowne (dla mniejszych tmx), ale porównanie kolejnych punktów może być mylące. Rys. 5 przedstawia wyniki z pomiaru dla największego tmx lecz z najmniejszą liczbą różnych sieci. Są to jednak te same sieci dla każdego t , co pozwala porównywać kolejne wartości oraz nachylenie krzywych, i już po zakończeniu korekty met2 w całym tmx . Natomiast na rys.6 przedstawiono wyniki z korygowania na odcinku 200 (przy $tmx=20000$) z mniejszymi ograniczeniami, punkt $t=200$ wyznacza więc granicę dopasowania i dalej można by oczekiwać skokowego zrównania się krzywych m z fn .

Tak przedstawiane zależności uśredniające efekty wielu sieci więcej mówią o metodzie, a mniej wyrażają intuicję o przebiegu i statystyce zjawiska. Pod tym względem znacznie czytelniejsze i bogatsze jest przedstawienie przebiegu symulacji w postaci „krokodyla” (rys.13-16). Jest to pokazanie historii wielkości lawiny $A(t)$ dla wszystkich inicjacji w danej sieci wraz z sumarycznymi zależnościami od t liczby procesów z $A < \text{progu}$ ($L(t)$) i $A=0$. Liczby te obrazują pomiar $P(A < \text{próg} | t)$, tj. $q(t) = L(t)/(s-1)N$, oraz $P(A=0 | t)$ (po podzieleniu ich przez liczbę inicjacji, tj. $(s-1)N$). Zależności $q(tmx)$ na rys.4 oraz $q(t)$ na rys.5, rys.6 i 7 oraz na „krokodylach” są zbliżone interpretacyjnie, ale trzeba pamiętać, że „krokodyl” i $q(t)$ na nim jest dla jednego, konkretnego systemu (gdy nie jest to system dziki, to już po zakończeniu korekty met2).

2.4 Trzeci eksperyment - zachowanie sieci dla dużych t , met2 200.

2.4.1 Założenia

Wyniki $q(tmx)$ dla f 2,4 sugerowały sprawdzenie $q(t)$ w dłuższym przedziale tmx , gdyż wysycanie dla większych tmx nie musiało być wynikiem większej liczby korekt met2, a raczej należało się spodziewać wchodzenia w zakres t , gdzie pojawiają się już atraktory. W tym celu wykonano trzecią serię badań, w której zakres korygowania met2 ograniczony został do $t=200$ w 20 krokach, co zasadniczo zmniejszyło czas liczenia. Stąd ta wersja metody ma symbol „met2 200”. Zmniejszone zostały też ograniczenia do używanych w drugiej turze met1 ($A < 7$, do 30 korekt na jedną inicjację). Pozostawiono $N=400$, natomiast tmx przedłużono w ostatnich symulacjach do 20 000. Po wylosowaniu sieci określonego typu, funkcji i stanów początkowych, w pierwszej badano tak określony system losowy zwany dzikim „wild” i oznaczany jako „w”. Następnie wykonywano korektę met2 200 i badano jej skutek, co oznaczano przez „m” od met2. Licząc na wpływ wejścia w atraktor, który pojawiał się z opóźnieniem, przesuwano stan początkowy sieci na koniec pierwszego odcinka tmx , po czym powtarzano badanie na nowym odcinku tmx , przedłużającym poprzedni. Nie jest to jedynie przedłużenie badania do $2tmx$, bo inicjacji dokonywano w innych stanach początkowych (ale na tej samej trajektorii), a funkcje nie były dopasowywane do początkowego odcinka nowej trajektorii wzorcowej. To badanie opisywane było jako „x”.

Wśród istotnych wątków badań jest ocena skuteczności metody met2 i interpretacja jej wyników, a w nim **udział w efektach metody samego zwężenia funkcji**, które jest ubocznym, ale koniecznym efektem met2. Już na **rys.2, 3 i 4** widać, że dla $s, K=2,4$ udział ten jest znaczny. Wstępnie wyniki dla r 2,4 wskazywały, że cały efekt met2 dla większych tmx jest wynikiem zwężenia funkcji. Różnica w zachowaniu f 2,4 i r 2,4 szczególnie na **rys.4** sugerowała zbadanie sieci pośredniej s 2,4. Wynik zamieszczony już na **rys.4** okazał się zaskakujący z powodu przecinania się krzywych $m2$ i $fn2$ w okolicy $tmx=2000$.

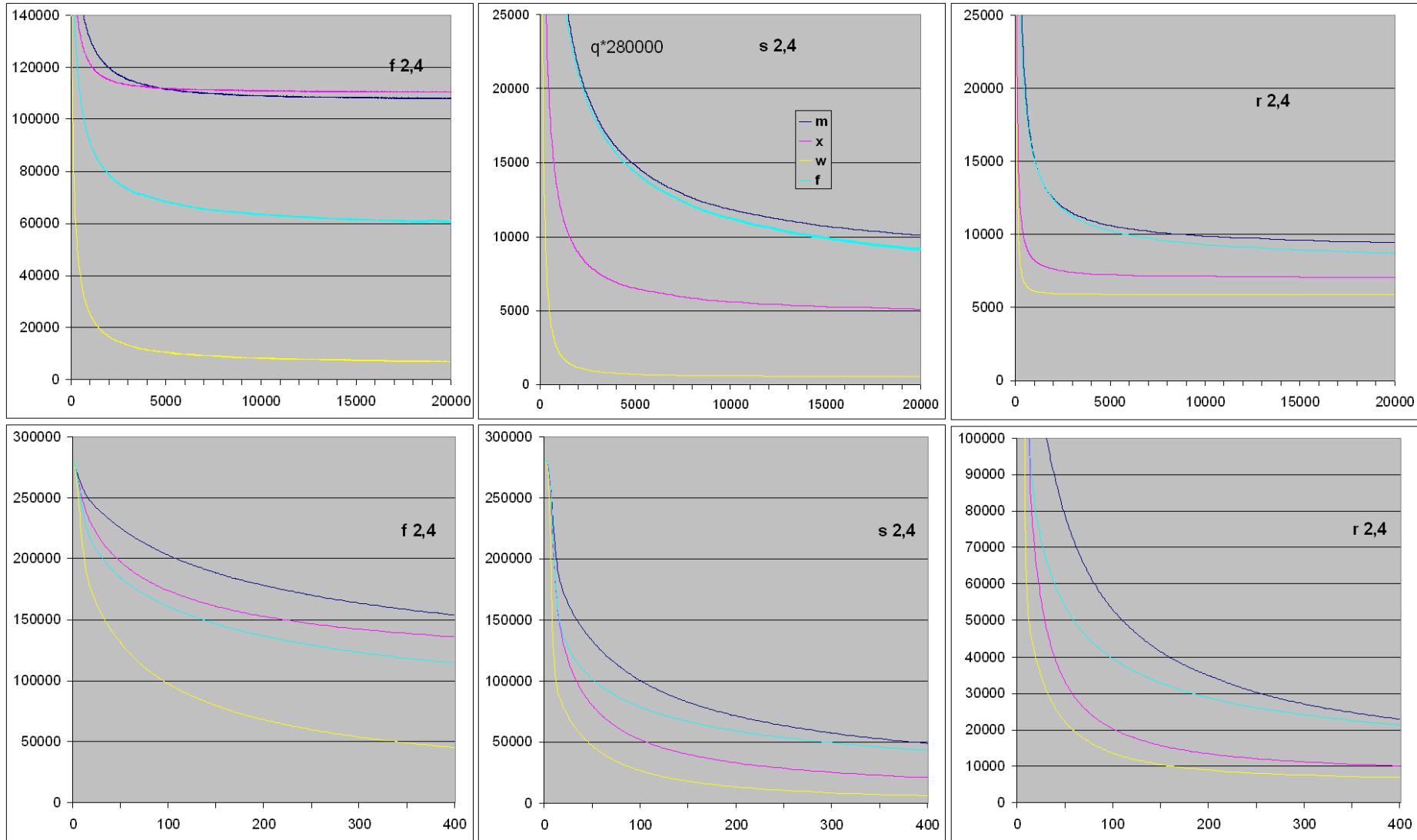
W symulacjach trzeciego eksperymentu zwrócono więc szczególną uwagę na ten efekt uzupełniając je badaniem oznaczonym jako „f” (uproszczenie $fn2$). Funkcje zamieniono między nodami pierwszej i drugiej połowy sieci (według numerów nodów) a dodatkowo stany wejściowe funkcji zostały uszeregowane w odwrotnej kolejności. Pozostawiało to bez zmian statystyki funkcji, w tym „internal homogeneity” P , ale zrywało wszelki związek korekt ze strukturą, która pozostawała bez zmian. Losowano też nowe stany początkowe. Sprawdzone, że różne metody mieszania przypisania funkcji nodom dają dokładnie (w statystycznym sensie) ten sam wynik.

Sama zmiana stanów początkowych (badana w innej serii symulacji $s, K=2,4$ niż pokazanych na **rys. 6**) powinna zazwyczaj zmieniać trajektorię i przerzucać do innego basenu atrakcji. Krzywa ta jest zbliżona do f dla sieci s i r 2,4, ale dla sieci f 2,4 leży znacznie wyżej i nieoczekiwanie sama losowa zmiana stanów początkowych (po met2, a więc ze zmienionymi funkcjami) daje podobne efekty do m i x . Rzeczywiście, 56 % takich przypadków trafia w atraktor trajektorii wzorcowej o tej samej długości co m , prawdopodobnie ten sam.

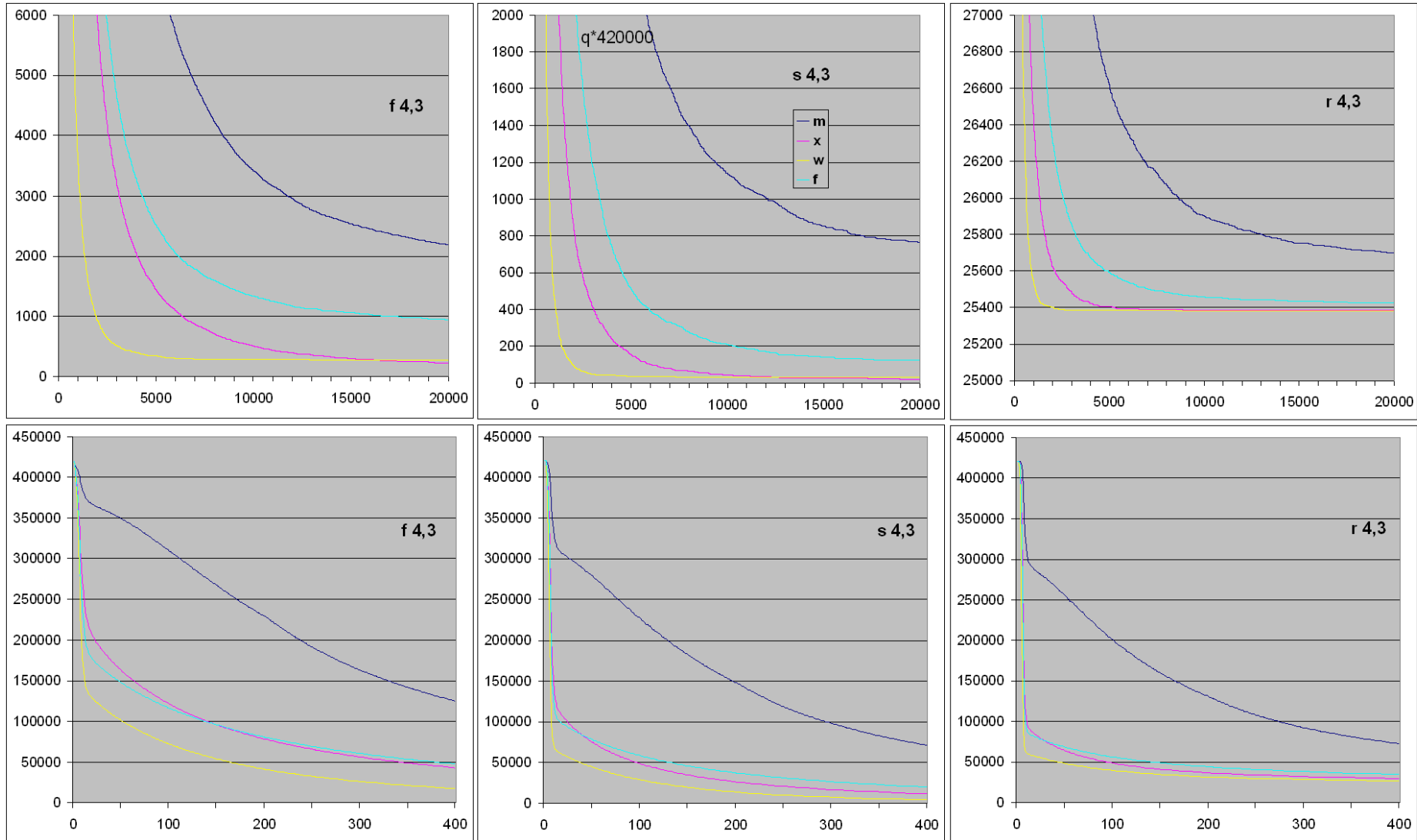
2.4.2 Wyniki

Rys.6 przedstawia **wyniki podstawowej serii** symulacji 700 agregatów (tj. sieci) o $s, K=2,4$ (połączone wyniki 300 agr szybkiej symulacji bez śledzenia po eksplozji chaotycznej i dwóch symulacji pełnych po 200 agr; $700agr \cdot 400ini = 280000ini$). Zależność $q(t)$ przedstawiono u góry dla całego zakresu $tmx=20000$ pomijając dokładność początkowego odcinka do $t=400$, który pokazano na dole dokładniej w celu śledzenia granicy $t=200$ dopasowania funkcji. Nie widać jednak żadnych nieciągłości w nachyleniu krzywych wynikających z tej granicy, co pozwala uznać wprowadzone korekty jako podobnie aktywne w całym zakresie trajektorii.

Dla sieci typu r oraz s 2,4 krzywe m i x są jednak bardzo odmienne, przy czym nie tylko $x < m$, ale także $x < f$, w przybliżeniu $x = m/2$, co było zaskoczeniem. Zbadano więc dokładniej zachowanie x i okazało się, że wystarczy przesunięcie o $t=2$ względem początku m , by x spadło do połowy, a przesunięcie $t=1$ dawało już efekt w pobliżu $2/3 m$. Efekt ten związany jest z procedurą met2 i z konkretnym przypisaniem stanów i funkcji do struktury, tak, że każde zmieszanie tego związku zwiększa stabilność. Nazwałem go „**przekorą**” – poprawienie funkcji dla konkretnego miejsca trajektorii jako punktu inicjacji damage, tak, by możliwie wygasić damage, powoduje, że dla innych punktów inicjacji na tej samej trajektorii system jest mniej stabilny, niż to wynika z samych statystycznych własności obecnych funkcji. Wpływa to przede wszystkim na wtórne inicjacje. Pierwsze przypuszczenia co do źródeł tak gwałtownego efektu przesunięcia o 1 lub 2 sugerowały, że większość korekt dotyczy tylko bezpośredniej okolicy miejsca inicjacji. Jak widać z **rys.12**, korekty rozkładają się dostatecznie równomiernie na całym odcinku 200 i taki scenariusz nie mógł być przyczyną zjawiska.



Rys.6. Wynik $q(t)$ symulacji po 700 sieci $f, r, s, 2,4$ met2 200, u góry w zakresie całego $tmx=20000$ a na dole wyniki obcięte do $t=400$. w – sieć losowa (dzika,wild), m – sieć z korektami met2 200, x – po przesunięciu punktu inicjacji o tmx , f - samo zwężenie funkcji, uboczny efekt met2 po zamianie funkcji między nodami wraz z odwróceniem kolejności argumentów funkcji i losowej zmianie stanów początkowych. Dla sieci typu s i r : efekt przekory – $x < f$; podobieństwo m i f świadczy, że osiągnięcia met2 wynikają z samego zwężenia funkcji. W dolnym rzędzie na granicy $t=200$ dopasowania funkcji nie widać nieciągłości nachylenia dla m . Dla sieci $f, 2,4$ met2 dała oczekiwany silny wzrost stabilności q , a przesunięcie punktu inicjacji dał większy wzrost stabilności niż spadek z powodu efektu przekory.



Rys.7. Zależność $q(t)$ dla $s, K=4,3$. Wyniki symulacji met2 200 po 350 agr, $N=400$. W okolicy $t=10$ występuje jakby załamanie także w krzywej w , co mylnie sugeruje związek z końcem pierwszego odcinka korekcji met2, gdyż w jest badane jeszcze przed korekcją met2. Krzywa x przecina f dla $f 4,3$ w pobliżu $t=200$ (końca odcinka dopasowywania), ale dla sieci s i r przecięcie to jest już około $t=40$. W większości badanego zakresu t występuje efekt przekory ($f > x$) dla wszystkich trzech badanych sieci, x nawet spada nieco poniżej w pod koniec t_{mx} . Efekt zwężenia funkcji okazuje się wyraźnie słabszy od met2 w przeciwieństwie do $s, K=2,4$, gdzie m i f są zbliżone (rys.6).

Tabela 2. Liczba atraktorów dla przypadków akceptowalnych (w tmx $A < 60$) i średnia długość atraktorów w symulacji po 700 sieci $N=400$, typu f, r, s 2,4, (łącznie 280000 inicjacji dla każdego badania) $tmx=20000$, dla w -wild, m -met2, x - przesunięcia startu badania po met2 o tmx , f - po met2 zmiana przypisania funkcji do nodów ze zmianą kolejności argumentu funkcji losowa zmiana stanów początkowych. W pionie: a - akceptowalne, tj. $A(tmx) < 60$, n - nieakceptowalne, tj. $A(tmx) \geq 60$, 0-atraktor nie znaleziony, 1- jedno okrążenie atraktora, 2- dwa lub więcej okrążeń atraktora. Średnia długość atraktora tylko dla f 2,4, gdyż jak widać, dla sieci typu r i s (jak również wszystkich sieci $s, K=4,3$) atraktory nie zostały znalezione. Jedyńm wyjątkiem jest przypadek s 2,4 gdzie znaleziony został atraktor we wzorcu dla badania funkcji (rys.16.f) – ten przypadek odpowiada za zliczenia w prawym dolnym rogu tabeli. Dla f 2,4 jest także inne podsumowanie na rys.8.

Wyniki te tłumaczą odmienne zachowanie sieci f 2,4 (widoczne już na rys.6) wyraźnym wejściem trajektorii w obszar atraktorów. Pojedynczy obrót atraktora na $tmx=20000$ wynika zazwyczaj nie z późnego znalezienia tego atraktora, a z jego długości, na co wskazuje średnia. Zastosowanie met2 dało zasadniczy wzrost liczby napotkanych atraktorów, przedłużenie trajektorii x pogłębia ten efekt. Przypadki akceptowalne wyraźnie preferują krótsze atraktory, na co wskazują średnie długości atraktorów z wieloma obrotami. Atraktory z jednym obrotem są tak wielkie, że ich długość nie koreluje z możliwością akceptacji.

		w	m	x	f
f 2,4	a0	5525	3639	1500	12699
	a1	0	1617	875	1015
	a2	1597	102775	108188	47254
attr.length f 2,4	a1		9935,3	14320,3	10157,5
	a2	26,6	662,7	600,5	785,7
	n1	9946,4	9981,1	10237,4	9967,5
	n2	274,8	1555,0	1614,7	2130,5
r 2,4	a0	5870	9437	7067	8732
	a1	0	0	0	0
	a2	0	0	0	0
s 2,4	a0	558	10097	5106	8996
	a1	0	0	0	23
	a2	0	0	0	168

Sieci r 2,4 oraz s 2,4: W tab.2 widać, że nie znaleziono żadnego atraktora w zakresie akceptowalnych ($A(tmx) < 60$). Podobnie brak jest atraktorów dla przypadków chaotycznych, jednak badane były one w 400 z 700 agr i podanie ich w tabeli 2 mogłoby być mylące. Krzywe (rys.6) m i f są zbliżone, czyli większość efektu wynika z samego zwężenia funkcji, a nie ze strukturalnego wygaszania damage. Rozkład wielkości L pokazany na rys.9 jest prostszy do interpretacji dla s 2,4 niż dla r 2,4, gdyż w tym ostatnim przypadku nakłada się efekt nodów ślepych. Dla s 2,4 widać jakościowy efekt met2 200, gdyż rozkłady m, x, f wyraźnie różnią się od w , jednak krzywa dla m praktycznie pokrywa się z f , co potwierdza, że efekt met2 dla s 2,4 sprowadza się do samego zwężenia funkcji. Na tym wykresie widać także efekt przekory, którego źródeł dalej nie poszukiwano. Efekt przekory znacznie zmniejsza i tak dość mizerne osiągnięcia metody 2. Możliwe, że m, f i x zbiegają do w , ale dla bardzo dużych t . **Można by przyjąć, że met2 dała efekty, bo $m > w$, jednak są to efekty znikome, nie wydają się stabilne, a ich źródłem głównie jest samo zwężenie funkcji.**

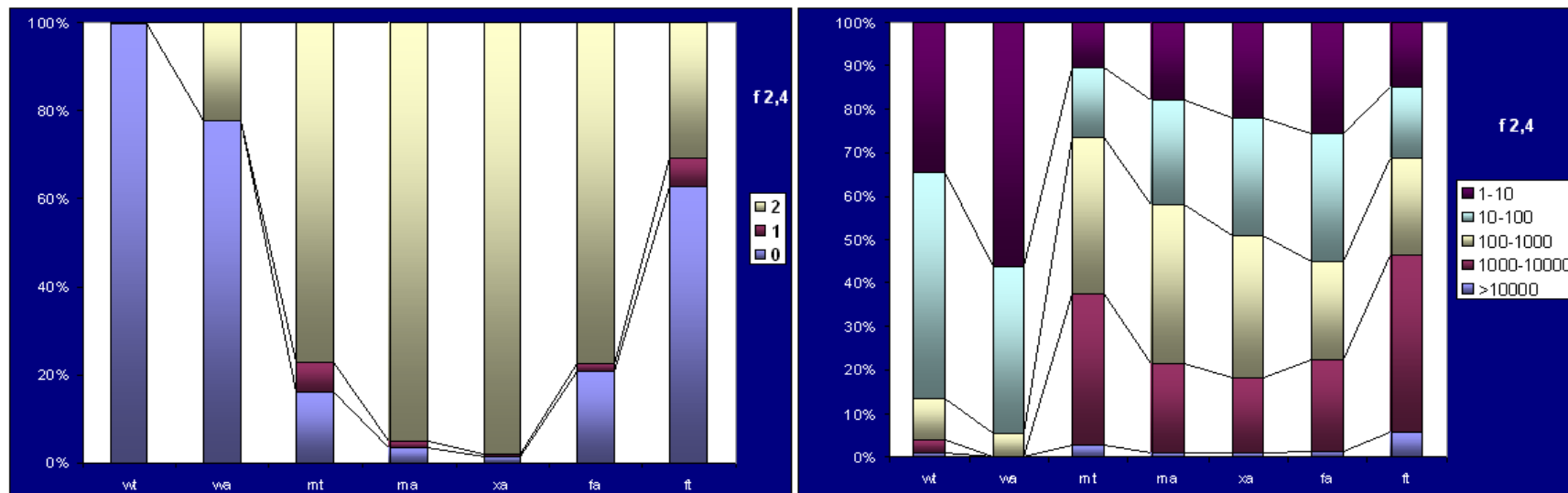
Dla sieci f (scale-free) $s, K=2,4$ met2 daje silne i stabilne efekty, zgodne z celami met2. Sieć f zachowuje się wyraźnie inaczej niż s oraz r . Oczekiwanie, że przedłużenie trajektorii, nawet bez początkowego odcinka po inicjacji w zakresie dopasowania, da zwiększenie efektu przez częstsze wejście zakres atraktorów, okazało się w przypadku sieci f 2,4 celne i krzywa x jest wyraźnie, choć niewiele wyżej niż m (od około $t=5000$). Należy mieć na uwadze, że prawdopodobnie mechanizm efektu przekory występuje i tu, ale jest on słabszy od efektów wcześniejszego znalezienia atraktora. W tabeli 2 dotyczącej atraktorów przypadek f 2,4 jest ciekawy. Znaleziono dużo atraktorów wśród akceptowalnych procesów damage ($A(tmx) < 60$), szczególnie w badaniu x . Rys.8 przedstawia dokładniej dla f 2,4 niż tab.2 porównanie częstości braku wykrycia atraktora, wykrycia pojedynczego i wielokrotnych obrotów atraktora, oraz rozkład wielkości atraktorów. Wyniki te pokazują silny wzrost udziału wielokrotnych obrotów w wyniku met2 oraz odmiennosc udziału wielokrotnych obrotów w badaniu efektów zwężenia funkcji f , jednak w rozkładach długości atraktorów istotnej różnicy brak. Rozkład wartości L dla f 2,4 pokazany na rys.9 jako jedyny wymagał skomasowania $L > 60$ w odcinkach do 100, do 200, do 300 i do 400. Nawet system dziki ma w tym

zakresie pojedyncze zliczenia. Dla porównania pokazano na tym samym diagramie wyniki dla $f 4,3$, które praktycznie zajmują lewy odcinek poniżej $L=22$, na który nie sięgają m i x dla $f 2,4$.

Obie krzywe m i x na najważniejszym wykresie (rys.6) leżą na wysokim poziomie q , znacznie wyżej niż w i f . Ten efekt, dla którego wykonano met2, widać wyraźnie przeglądając wyniki w postaci „krokodyli” (rys.15 i 16a,b), jednak jedynie dla $f 2,4$. Sukces metody dla $f 2,4$ sugeruje, że przy dalszej intensyfikacji metody, głównie w kierunku zwiększenia szans znalezienia krótkich atraktorów, kierunek może okazać się właściwy, jednak w obecnym zakresie met2 samo korygowanie systemu losowego przez wygaszanie damage okazuje się ogólnie niedostateczne.

Wyniki dla $s,K=4,3$ przedstawia rys.7. W tej serii badano $tmx=20000$ na 3 typach sieci (f,s,r) po 350 agr (300agr w symulacji szybkiej i 50 w pełnej). Efekt przekory $x<f$ jest tu silny, a x nawet minimalnie spada poniżej w (dzikiego). **Skutek metody 2 - m jest wyraźny, zawsze znacznie powyżej w oraz f , ale także znacznie poniżej oczekiwań.** Na rys.7 w tmx krzywa m ma jeszcze trochę do zbliżenia się do w , ale jej nachylenie nie wróży wyraźnie podwyższonego poziomu q . **Dla $f 4,3$ $q(tm)$ wynosi około pół procenta, a dla $s 4,3$ około 2 promile.** W ostatniej serii, podobnie jak dla s i $r 2,4$ tab.2, nie znaleziono ani jednego atraktora zarówno w trajektoriach wzorcowych jak i w przebiegach po inicjacjach (nie sprawdzano dla przebiegów po eksplozji w symulacji szybkiej). Rozkład L na rys.9 pokazany jest jedynie dla $f 4,3$, ale dla sieci s jest zbliżony. Jedynie krzywa dla m wyraźnie odbiega tu charakterem od pozostałych. W porównaniu do $f 2,4$ próba jest tu o połowę mniejsza. Jednocześnie z przeglądu krokodyli ze wszystkich przeprowadzonych symulacjach dla $4,3$ stwierdzono brak osiągnięcia atraktorów.

Dla $f 4,3$ sieci losowej (w) $q=1/1500$ dla $t=9000$ a dla tmx spada powoli do $1/1556$ (rys.7). Jeżeli więc po $t=9000$ a przed tmx proces, który jeszcze nie eksplodował powielalby się na 1560 potomnych, każdy z losową zmianą permanentną jak inicjacja, to taka ewolucja mogłaby trwać w nieskończoność, a populacja by rosła, mimo, że w tym zakresie są to sieci chaotyczne. Sieć $s 4,3$ wymagałaby o rząd więcej, a $s 2,4$ tylko 2 razy mniej potomków. Niewątpliwie rozważanie takiej możliwości ma większy sens w zakresie plateau, jednak wymagane liczby potomków są tu ogromne. Inaczej jest dla $f 2,4$, gdzie wystarczy tylko 60 potomków. Jak widać, chaos chaosowi nie równy.



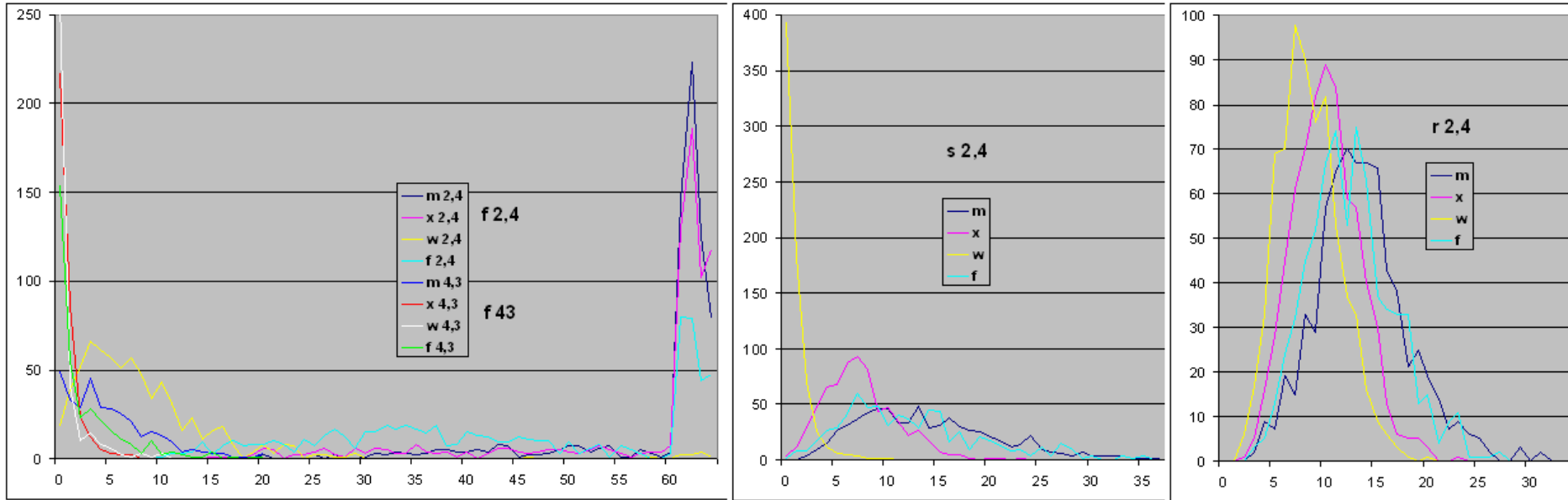
Rys.8. Porównanie częstości 0- braku wykrycia atraktora, 1- wykrycia pojedynczego obrotu atraktora, 2- wykrycia dwóch lub więcej obrotów atraktora, oraz rozkład wielkości atraktorów. Wyniki symulacji met2 200 dla 700 sieci (akceptowalne) lub 400 sieci (total) $f 2,4$, $tmx=20000$.

Pierwsza litera symbolu kolumny: w, m, x, f , jak wcześniej np. w tabeli 2. Druga litera: t -totalnie, a - w zakresie akceptowalnych ($A(tm)x<60$).

Widać, że zastosowanie met2 daje zasadniczy wzrost liczby napotkanych atraktorów totalnie oraz zwiększenie udziału atraktorów >100 .

Ograniczenie do akceptowalnych (ma lub fa) zmniejsza udział większych od 1000, a zwiększa mniejszych od 100.

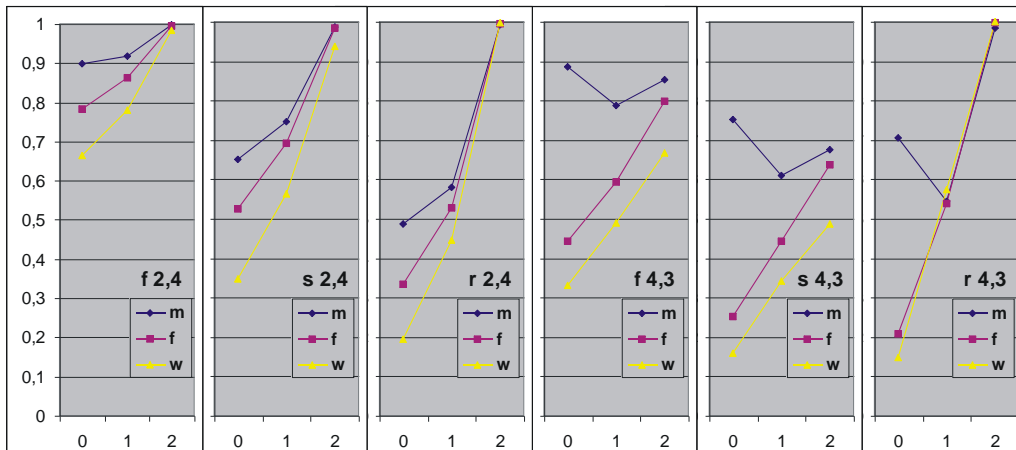
Przedłużenie trajektorii xa jeszcze zmniejsza udział niewykrytych i jednoobrotowych dodając głównie najmniejsze. Także efekty strukturalnego związku dobranych funkcji dają tu znaczną różnicę we zwiększeniu liczby wykrytych atraktorów, co widać z porównania m oraz x z jednej strony a f z drugiej.



Rys.9. Rozkład wielkości $L(tm_x)$ (oś pozioma) dla f,s,r 2,4 dla 700 agr oraz f 4,3, dla 350 agr. Dla f 2,4 $L>60$ w odcinkach do 100 (61), do 200 (62), do 300 (63) i do 400 (64). Nawet system dziki ma w tym zakresie pojedyncze zliczenia, choć kształt jego krzywej przypomina wynik met2 dla s . Poza f 2,4 wszędzie widać efekt przekory, natomiast dla s i r 2,4 krzywe m i f są zbliżone potwierdzając małe znaczenie dobierania funkcji do wygaszania konkretnych damage. Obraz dla sieci typu r jest zdeformowany obecnością nodów ślepych. Dla sieci f $s,K=4,3$ jedynie krzywa m wyraźnie ma inny charakter dryfujący w kierunku w dla f 2,4 i efektów met2 dla s 2,4. Podobny obraz daje sieć s 4,3.

2.4.3 Wtórne inicjacje

Poszukując zwiększenia stabilności q możemy liczyć na wygaśnięcie damage lub utrzymanie się na bardzo małym poziomie. Krokodyle pokazują, że zazwyczaj linia czerwona prawie pokrywa się z niebieską, co oznacza, że prawie wszystkie akceptowalne przypadki inicjacji dla danego t są wygaśnięciami $A=0$. Jednak zwykle obie te

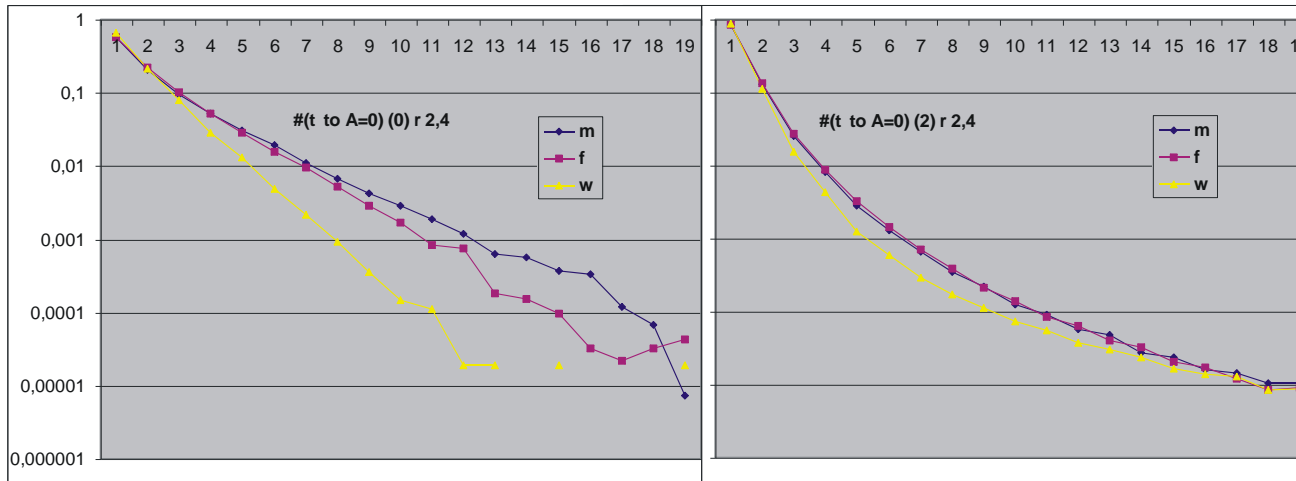


krzywe spadają, czyli wygaśnięcia jednak przestają być wygasłe, następuje nowe pobudzenie, zwykle w innych okolicznościach i bywa, że doprowadza do eksplozji. Te okoliczności zaczynają się powtarzać dopiero, gdy proces wejdzie w drugi obrót atraktora, dlatego badano atraktory. Czy jednak jedynie atraktory zmieniają szansę na wygaśnięcie? Sledzono więc co dzieje się z wygasłymi, czy po wtórnej inicjacji mają statystycznie podobną szansę na wygaśnięcie lub eksplozję, jak po pierwszej inicjacji? Jak wpływa na to met2 i samo zwężenie funkcji?

Rys.10. Prawdopodobieństwo dla akceptowanych po początkowej inicjacji (0), po drugiej inicjacji (1) oraz po trzeciej i dalszych inicjacjach (2).

Najwięcej mówiące wyniki przedstawia rys.10, gdzie pokazano prawdopodobieństwo wygaśnięcia dla akceptowanych po początkowej inicjacji (0), po drugiej inicjacji (1) oraz po trzeciej i dalszych inicjacjach

(2). Ponieważ możliwość pozostania poniżej progu bez pełnego wygaśnięcia tylko dla 0 i 1 dla f,w sieci f 2,4 oraz m,f sieci s 2,4 nieznacznie przekracza 1%, prawdopodobieństwo eksplozji praktycznie wynosi (1-pokazane na **rys.10**). Jak widać, wygaśnięcie po drugim pobudzeniu jest zwykle znacznie częstsze niż po pierwszym, a po trzecim i dalszych dla 2,4 jest już prawie pewne. W sieciach 4,3 późniejsze inicjacje też mają większe szanse na wygaśnięcie, ale do pewności jeszcze daleko, oprócz sieci r 4,3. O ile badane sieci 2,4 zachowują się jakościowo podobnie, to r 4,3 wyraźnie różni się od s i f 4,3. Badanie dla m (efekt met2 200) dla 4,3 ma zawsze minimum dla drugiej inicjacji, co wynika z wymuszonego przez met2 podniesienia szansy wygaśnięcia po pierwszej inicjacji.



Podsumowując, kolejne inicjacje mają wyraźnie inne, coraz większe szanse na wygaśnięcie mimo, że nie wystąpiły tu atraktory. Świadczy to o istnieniu jakichś mechanizmów, które może daje się intensyfikować.

Rys.11. Udział liczby kroków t po inicjacji, potrzebnej do wygaśnięcia, na przykładzie sieci r 2,4. Dla akceptowanych. Prawy dla inii trzeciej i dalszych, więc krótsze mają zwiększony udział, bo więcej razy mieszczą się tmx. Jest to przypadek o największych różnicach dla m,f,w (znaczenie jak w tab.2)

[d:\!Left\progL1\wyn\!met2kr\!d\ met2dwtome.xls]

Rozpoznanie zjawisk po wtórnych inicjacjach wskazuje na spore zróżnicowanie zachowań

zależne od typu funkcji i inicjacji. **Rys.11** pokazuje na przykładzie sieci r 2,4, liczbę kroków czasu t po inicjacji potrzebną do wygaśnięcia damage do A=0. Po pierwszej inicjacji większe czasy mają wyraźnie inną częstość dla m,f,w: przypadek dziki (w) wyraźnie szybciej wygasa niż ze zwężoną funkcją (f), najdłuższe czasy wygasania ma stan po met2. Taki obraz jest też dla s 2,4, istotnie mniejsze różnice ale ta sama kolejność jest dla s, r 4,3. Dla f 2,4 i 4,3 krzywe prawie pokrywają się, jednak najniższej leży m. Dla późniejszych inicjacji niż druga wszystkie 3 krzywe praktycznie pokrywają się, zwykle w jest najniższej, tylko dla s 4,3 rozchodzą się jak na lewym rys. Trudno tu wskazywać ogólną prawidłowość i przyczynę.

2.4.4 „Krokodyle”

W tym eksperymencie szczególnie cenne okazało się przejrzenie ogromnej liczby „krokodyli”, co pozwoliło z grubsza zorientować się w bogactwie zjawisk występujących w takich symulacjach i mających wpływ na badane wielkości, głównie na ich dokładność i interpretację. Kilka przykładowych „krokodyli” przedstawionych jest niżej na **rys.13-16**. Zjawiska te należałoby posegregować i badać oddzielnie, jednak trzeba było pozostawić to na kiedyś.

W pierwszych dwóch eksperymentach nie przedstawiano wyników w postaci krokodyli, dopiero w trzecim i to dynamicznie dla śledzenia różnych aspektów procesu. Przedstawienie w tej formie okazało wyjątkowo owocne dla zrozumienia całego problemu. Wykonano wiele niezależnych serii met2 200 symulacji f, r 2,4 i 4,3 – dla tmx=1000, 4000, 8000, 10000 i 20000. Wszystkie one dają praktycznie identyczne wnioski, jednak w procesie badawczym były one systematycznie pogłębiane. Najbardziej czytelne „krokodyle” są przy tmx=1000, gdyż wtedy na jeden pixel przypada jeden krok t (dla tmx=20000 aż 20kroków t), a ten początkowy odcinek jest niewralgiczny dla wielkości zjawisk. Dlatego na **rys.15** pokazano krokodyle w zakresie tmx=1000. Problem zatrzymania spadku A(t) na podwyższonym poziomie wymagał jednak znacznie dłuższych odcinków, więc ostateczna seria ma tmx=20000. Ocena wejścia w stabilny poziom podwyższony jest często subiektywna i myląca, gdyż często zdarzają się długie odcinki bez nowych eksplozji, dopiero kryterium wejścia w drugi odcinek atraktora wzorca okazało się dostatecznie pewne, co stwierdzono po wydłużeniu tmx.

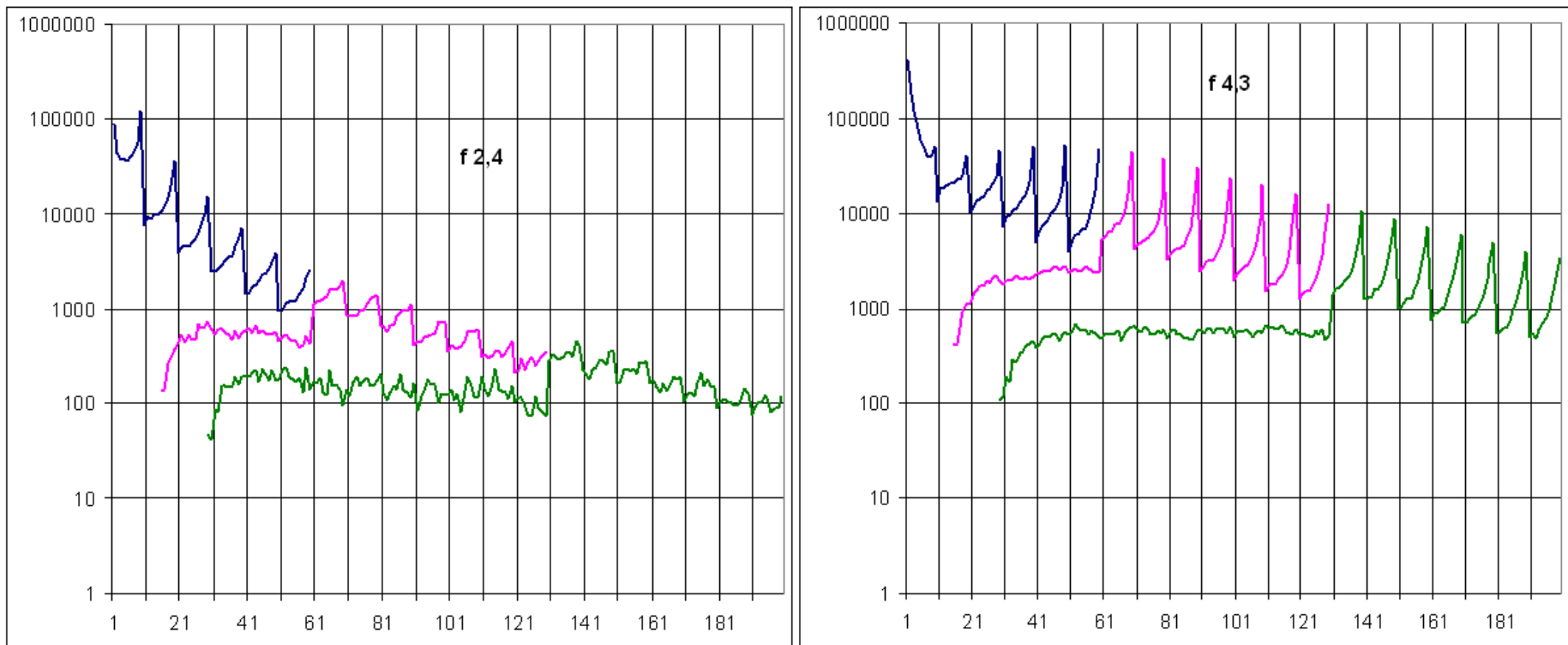
Z ostatecznie 6 badanych wariantów po 700 agr tmx=20000: sieci typu f, s oraz r, dla s,K=2,4 i 4,3, tylko f 2,4 osiąga po met2 200 bezspornie stabilnie wyraźnie podwyższony poziom q.

Z tych 700 agr f 2,4 jedynie 71 pozostało chaotycznymi na tmx (10%) z czego aż 26 znajduje atraktor wzorca w następnym odcinku tmx (badanym w formule x). Zaliczenie tych przypadków do chaotycznych jest umowne, bo tmx jest wybrane arbitralnie, a L(tmx) dla m bywa spore. Średnie L (liczba A<60 na tmx) wynosi dla tych 71

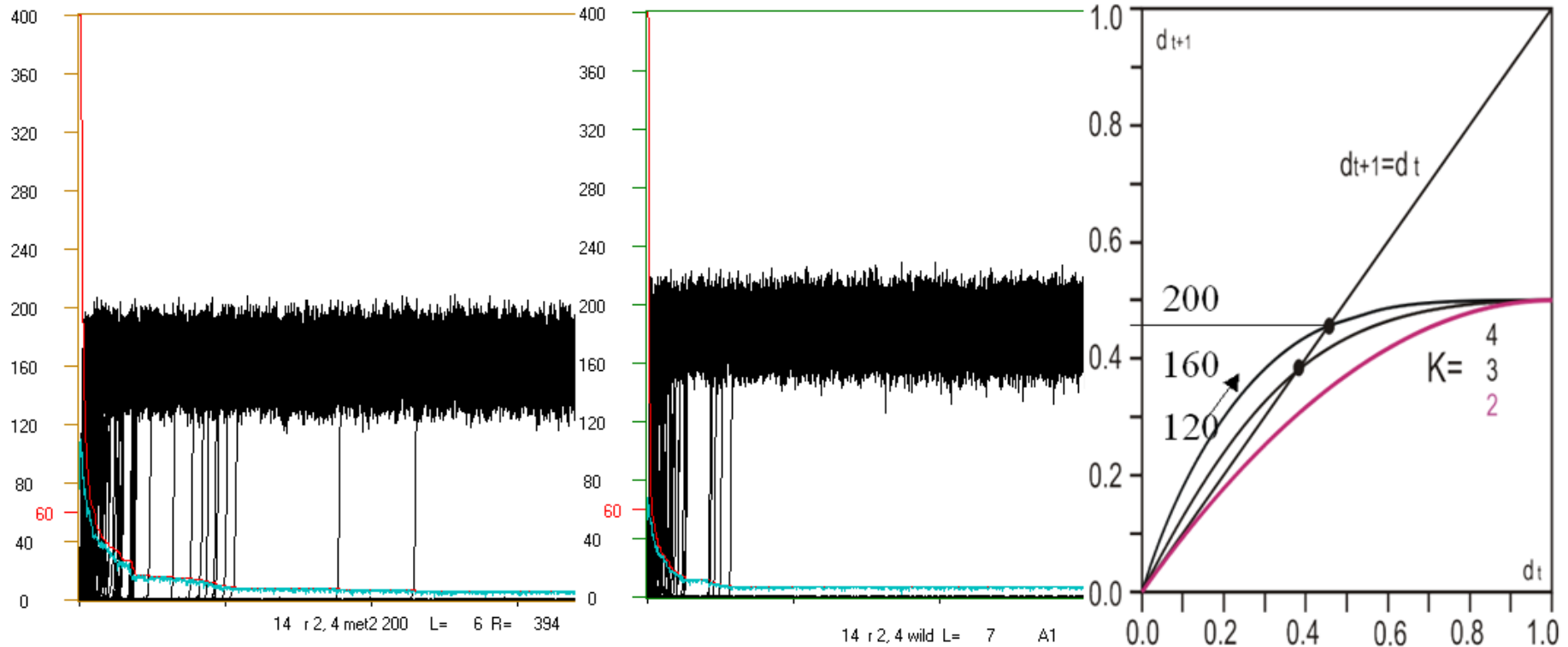
chaotycznych agregatów **44,7**, a waha się w zakresie 20-135. W zasadzie na tym L należałoby oprzeć kryterium chaosu, czyli operować na stopniu chaosu $c=1-q$, ($q=L/(N*(s-1))$), gdzie także granicę trzeba wybrać arbitralnie. Zupełny chaos to $L=0$, czyli $c=1$, ale ani jeden przypadek tego nie osiągnął na tym t_{mx} . Oczywiście, podobne statystyki wykonane na krótszych t_{mx} dały większe wartości, np. $t_{mx}=1000$ za chaotyczne należało uznać aż 2/3 przypadków, jednak $t_{mx}=10000$ dało już 39 przypadków chaotycznych na 200 agr (19,5%). We wszystkich przypadkach uznanych za osiągające stan ustabilizowany został znaleziony atraktor wzorca.

Przeglądając pozostałe sieci nie widać żadnych przypadków ustalenia się podwyższonego poziomu.

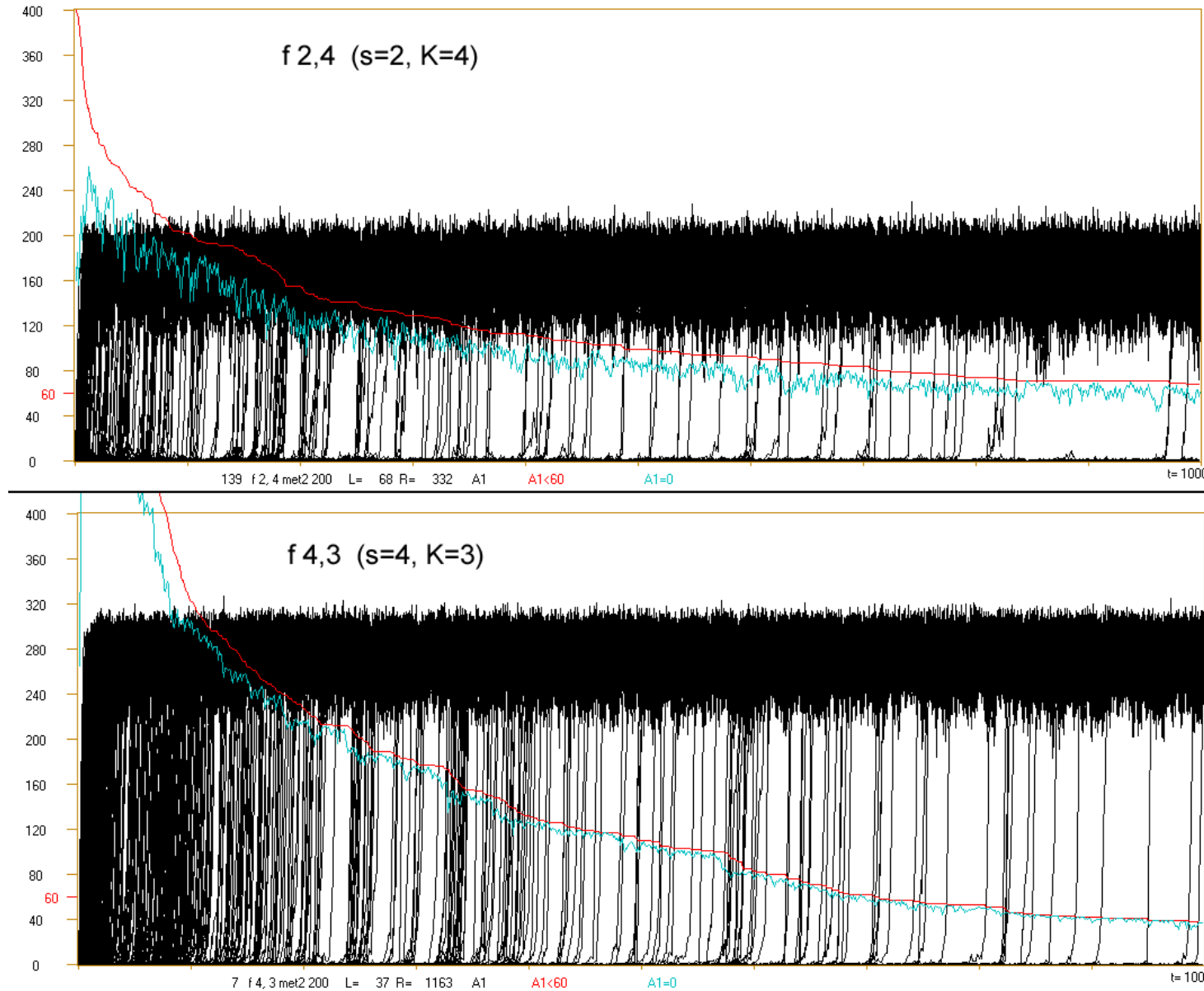
Szczególnie istotną obserwacją z przeglądu krokodyli jest pokrywanie się krzywych wskazujących $L(t)$, czyli liczbę przypadków inicjacji $A<60$, z liczbą wygasłych ($A=0$). **Świadczy to, że spadek tych krzywych wynika z wtórnych inicjacji, które wyczerpują swój repertuar po pierwszym obrocie atraktora.** Rzeczywiście widać tę zbieżność na krokodylach. Należy tu zauważyć, że zaznaczone znalezienie atraktora dotyczy trajektorii wzorcowej i polega na wskazaniu pojawienia się stanu sieci z chwili t_{mx} . W rzeczywistości atraktor mógł pojawić się nieco wcześniej. Przykłady krokodyli z zaznaczonymi atraktorami pokazuje rys 16.



Rys.12. Rozkład korekt w met2 200 na odcinku 200 t dla sieci f 2,4 (700 agregatów) i 4,3 (350 agr). Dla pozostałych typów sieci rozkłady są bardzo zbliżone. Rozkłady te zbierano w trzech przedziałach: od 10 do 60, od 70 do 130, od 140 do 200, co przedstawiono kolorami. Jak widać, uzupełniające korekty w skorygowanym już przedziale pojawiają się istotnie rzadziej, co świadczy o dostatecznej skuteczności metody w tym aspekcie. Rozkłady te jednoznacznie odrzucają tłumaczenie efektu przekory $x<m$ występujące nawet dla przesunięcia 1 i 2 dla sieci nie f 2,4 opierające się na koncepcji skumulowania korekt w bezpośrednim pobliżu $t=1$. Porównując prawy z lewym należy pamiętać, że dla $s,K=4,3$ jest 4 razy więcej stanów wejściowych i 3 razy więcej inicjacji w agregacie, ale 2 razy mniej agregatów.



Rys.13. Porównanie początku rozwoju lawiny damage dla r 2,4 po met2 (lewy rys.) na typowym przypadku (późniejsze eksplozje, nieco wolniejszy spadek stopnia porządku $q(t) = P(A < 60 | t)$ i w pełni wygasłych $P(A=0|t)$) oraz dla tego samego systemu dzikiego przed zastosowaniem met2 (środkowy rys). To są przebiegi czasowe wielkości Avalanche (lawiny) – tj. liczby A zmienionych stanów dla wszystkich inicjacji w pojedynczej sieci. Pod osią poziomą zaznaczone są odcinki 400 kroków t . Z prawej ‘Derrida plot’ pokazujący teoretyczny poziom równowagi Derridy w zmiennej damage ($d=A/N$, tu $N=400$). Po met2 ten poziom jest nieco niższy. Przyjęty poziom progu=60 jest wybrany arbitralnie, dobrany w okolicy minimum pomiędzy pikami lewym zawierającym zachowania uporządkowane (małe d) i prawym zawierającym zachowanie chaotyczne, tj. losowe oscylacje wokół równowagi Derridy na wykresie wielkości damage. Liczbę przypadków uporządkowanych wskazuje linia czerwona a niebieska liczbę przypadków gdzie $A=0$, czyli lawina damage wygasła. Jak widać, obie te linie szybko zbliżyły się do siebie i dalej praktycznie się pokrywają na niemal zerowym poziomie. $L=6$ lub 7 przypadków $A=0$ pozostających do końca, wynika tu z obecności w sieci Erdosa-Renyi wierzchołków bez wyjść. W sieci tego typu (r) nie zdarzają się przypadki uporządkowane (ani jednego na ponad 1000 przejrzanych), dalej na rys.14 i 15 pokazana jest sieć scale-free, gdzie przypadki uporządkowane są częste.



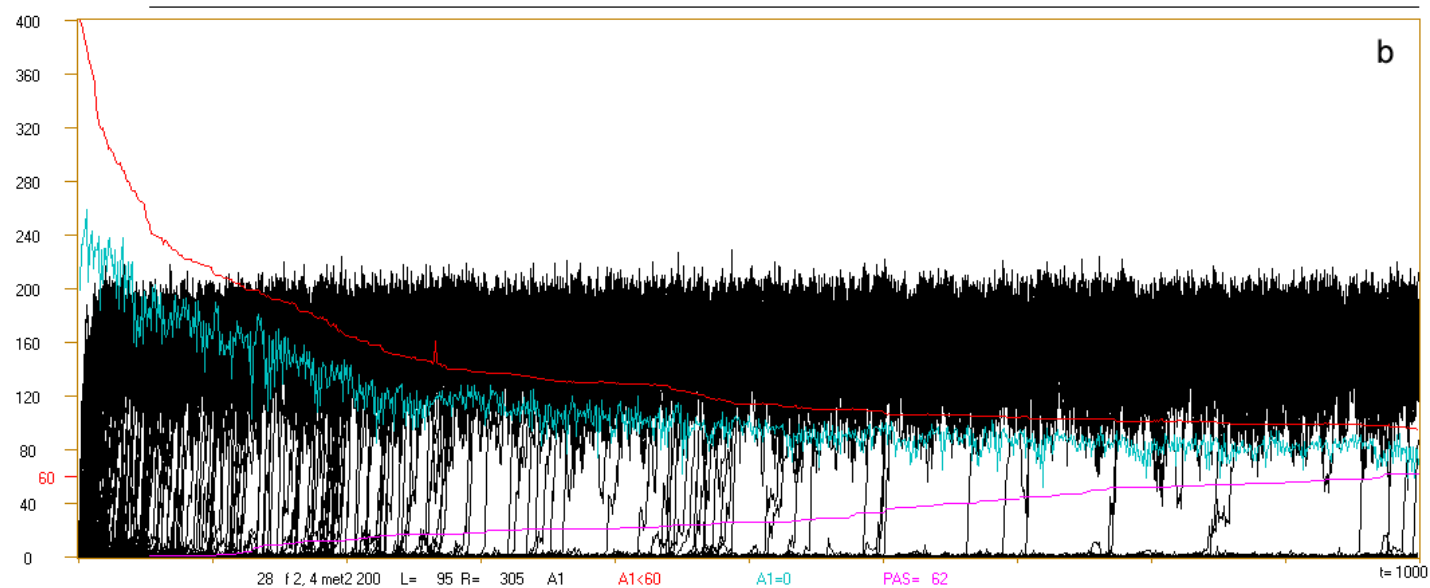
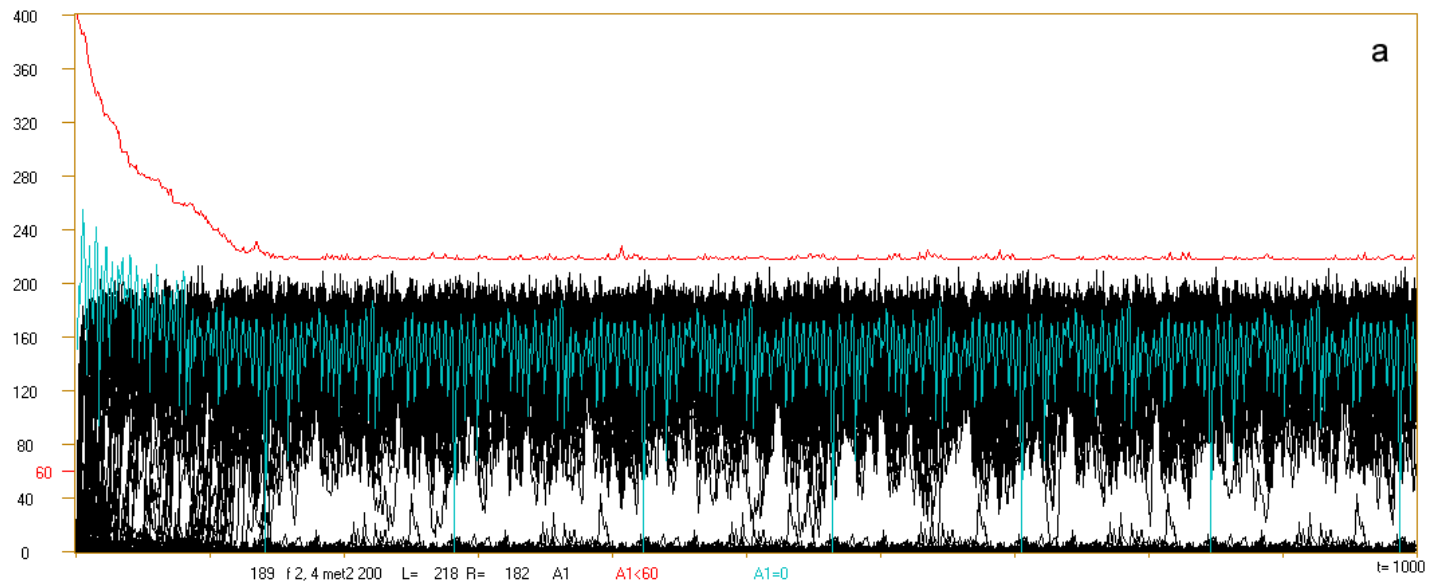
Rys.14. Typowe chaotyczne przebiegi czasowe wielkości lawiny A dla sieci typu scale-free (f). (N=400) W obu przypadkach krzywe: czerwona = liczba $A < 60$ od t (przypadki uporządkowane) i niebieska = liczba $A = 0$ od t (przypadki wygaśnięcia lawiny) pokazują liczbę nodów w skali z lewej, ale dla $s=4$ są 3 inicjacje na nod a dla $s=2$ tylko jedna. Aby otrzymać z tego częstości odpowiadające pomiarowi $P(A < 60(t)) = q(t)$ i $P(A = 0(t))$ trzeba podzielić przez 1200 lub 400. Dla $s=2$ przyjmując 400 na skali za 1 otrzymujemy obraz prawdopodobieństwa.

Opis na dole to kolejno: nr. agregatu, typ sieci f, s, K, symbol metody: met2 200 (korekty w 20 krokach po 10 do $t=200$), liczby L przypadków $A < 60$ w chwili t_{mx} $t_u = 1000$ i liczby pozostałych przypadków inicjacji R, które „eksplodowały” tworząc chaotyczny stan równowagi Derridy. Dalej opis kolorów. ($A1 = A$) Pamiętajmy jednak, że inicjująca zmiana jest permanentna i ponowne pojawienie się pierwotnego stanu na wejściu zmienionego wierzchołka wywoła następną lawinę damage, niestety w innych okolicznościach. To właśnie powoduje, że metoda wygaszania nie jest dostateczna. Ale to także sugeruje, że

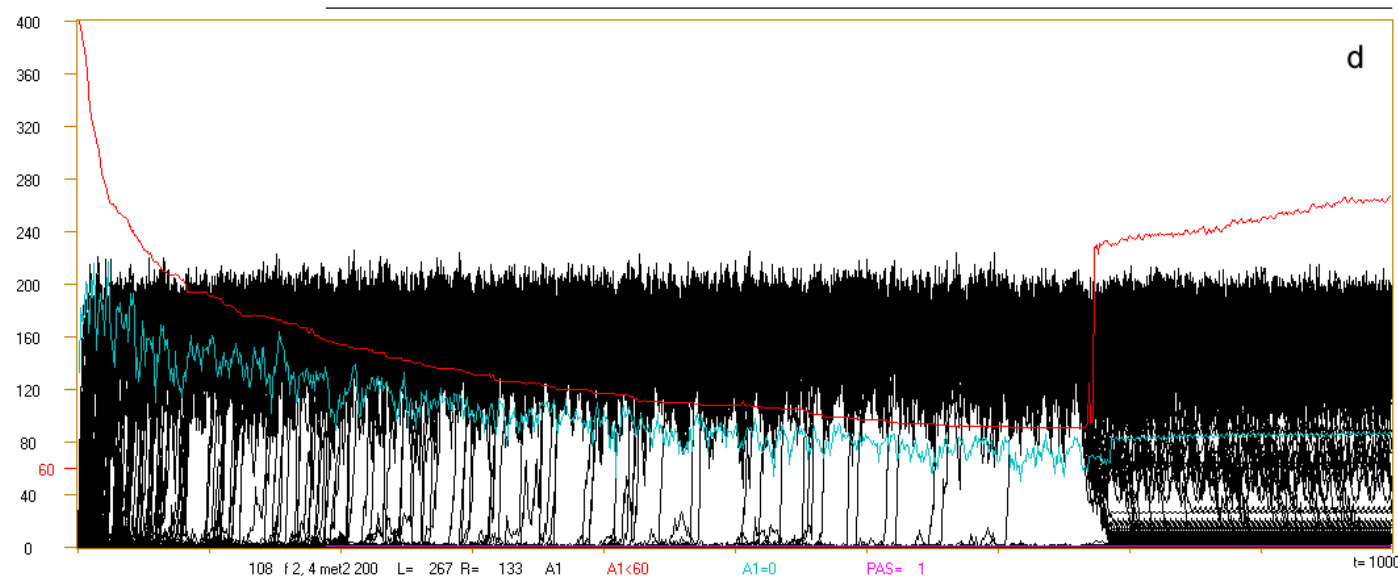
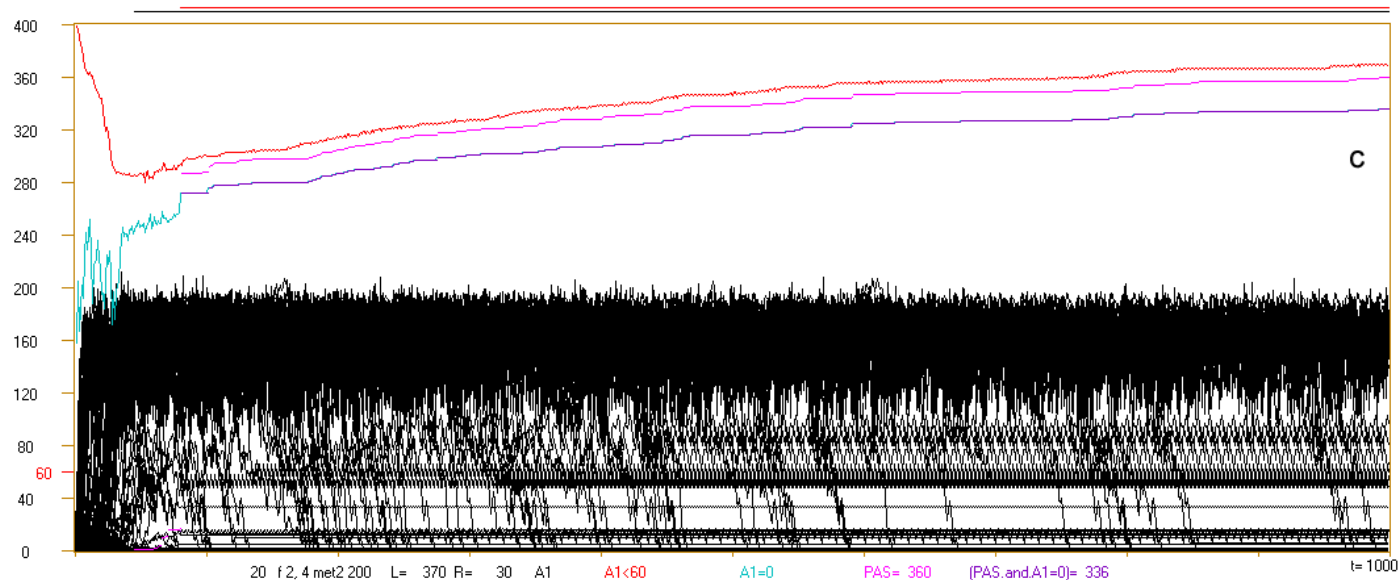
newralgicznym parametrem jest długość atraktora. Gdyby tu atraktor miał około tego 1000, to lewy pik byłby pokaźny. O ile f 2,4 względnie często odstaje od tej typowej postaci, to dla f 4,3 to się nie zdarza: sprawdzone zostało łącznie ponad 700 sieci do $t_{mx} = 20000$ bez jednego nietypowego przypadku.

Rys.15. (poniżej) Przykładowe przebiegi symulacji met2 200 dla f 2,4 i $t_{mx} = 1000$.

a - ustabilizowany stan wysokiego uporządkowania, znacznie niższy poziom Derridy i wiele fluktuacji - przejść z tego poziomu przez próg=60 w dół i z powrotem.. Mimo szerokości poziomu chaotycznego, więcej przypadków zawiera cienka warstwa o dołu. b - przebieg przypominający typowy chaos, jednak stały wzrost liczby atraktorów punktowych aż do 62, co powyżej $t=1000$ gwarantuje spory trwały poziom porządku. U góry, czarna linia wskazuje zakres atraktora punktowego po inicjacji.

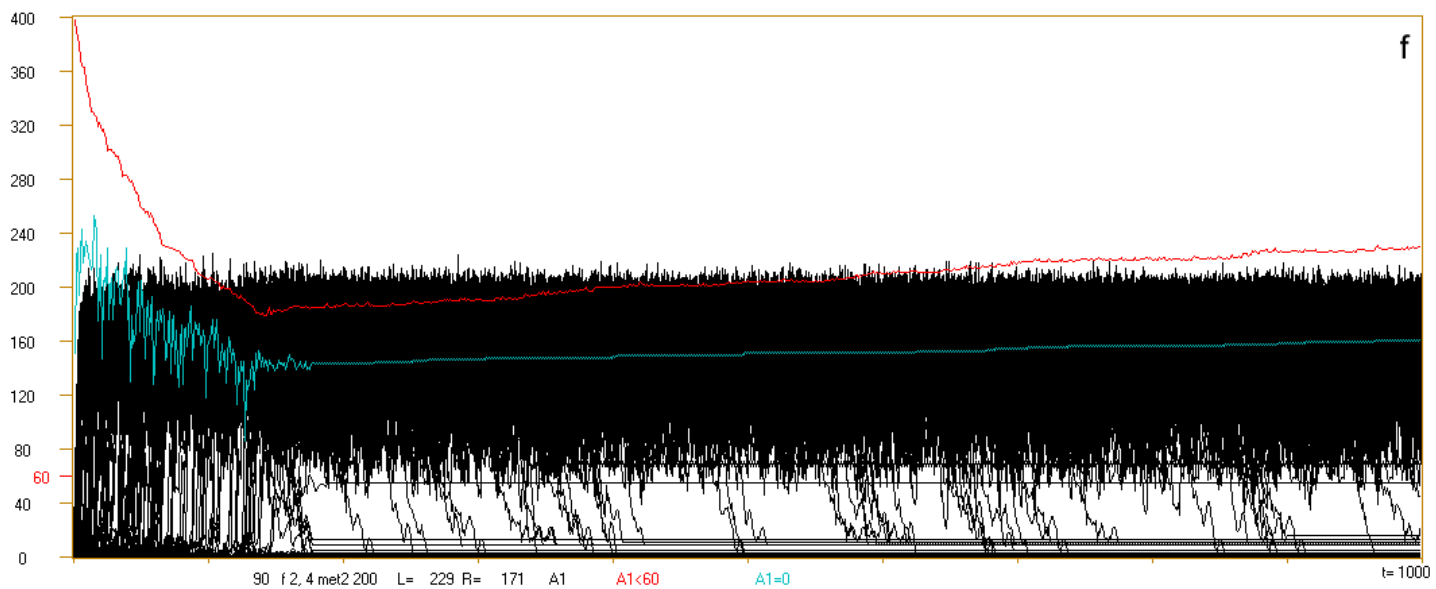
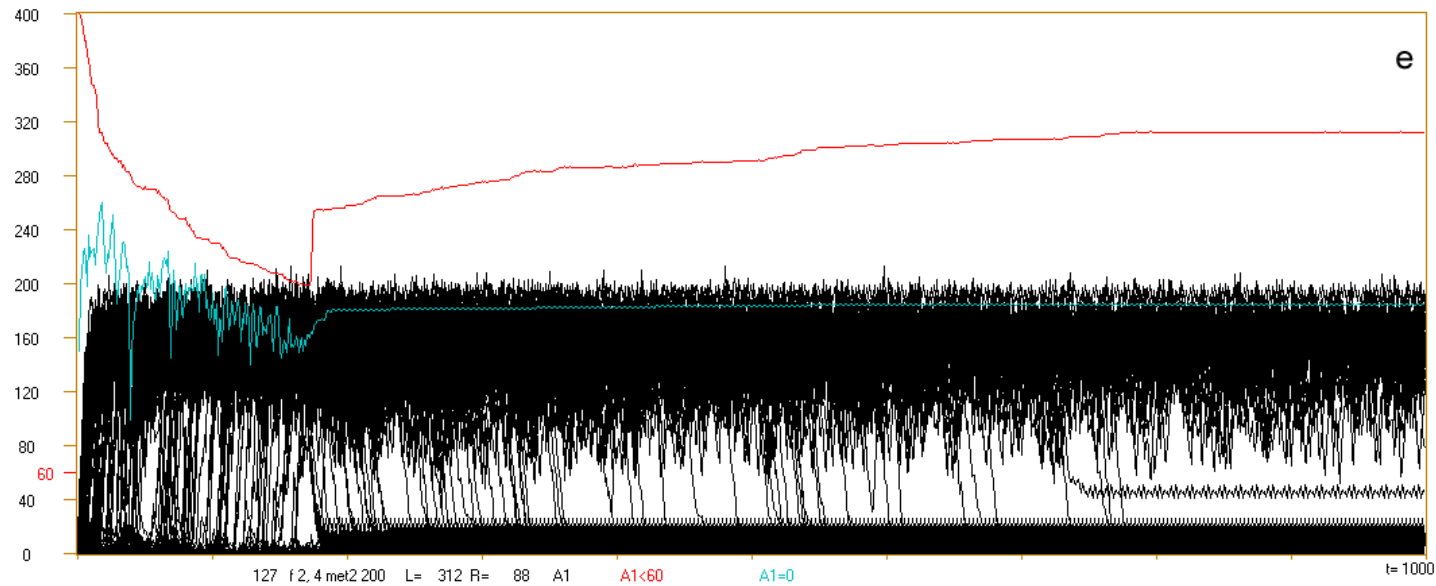


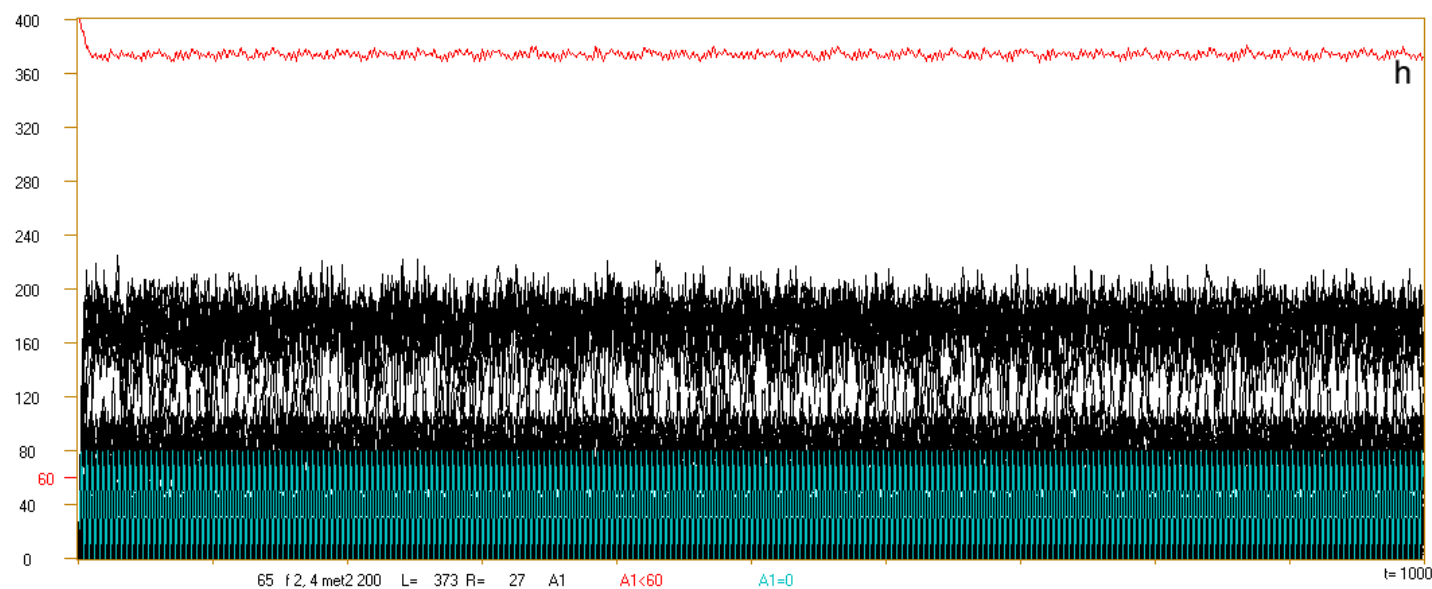
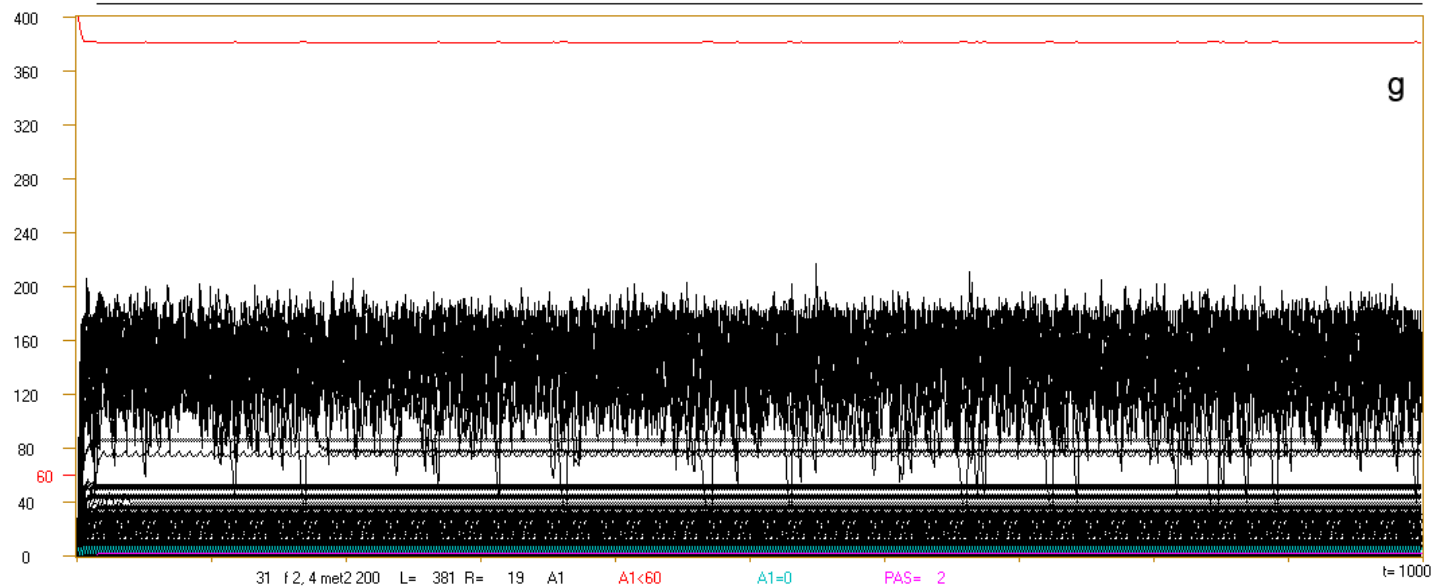
c - Są tu atraktory punktowe po inicjacji. Ich liczba dochodzi do 360 na 400 prób. Aż 336 z nich to pełne wygaśnięcie ($A1=0$) co wskazuje na atraktor wzorca zaznaczony u góry linią czerwoną. Atraktor punktowy we wzorcu, to rzadkość ($3/200$). Po krótkim okresie przechodzenia stanu $A1(t)$ z dołu do góry, czyli 'wybuchania damage', następuje proces odwrotny- spадanie z góry na dół, co widać głównie w nachyleniu linii czerwonej – liczby przypadków w zakresie piku lewego, poniżej $A1=60$.



d - Po dłuższym odcinku typowego zachowania chaotycznego następuje nagle zmiana zachowania - wejście w porządek. Atraktory punktowe tego nie tłumaczą - jest tylko 1.

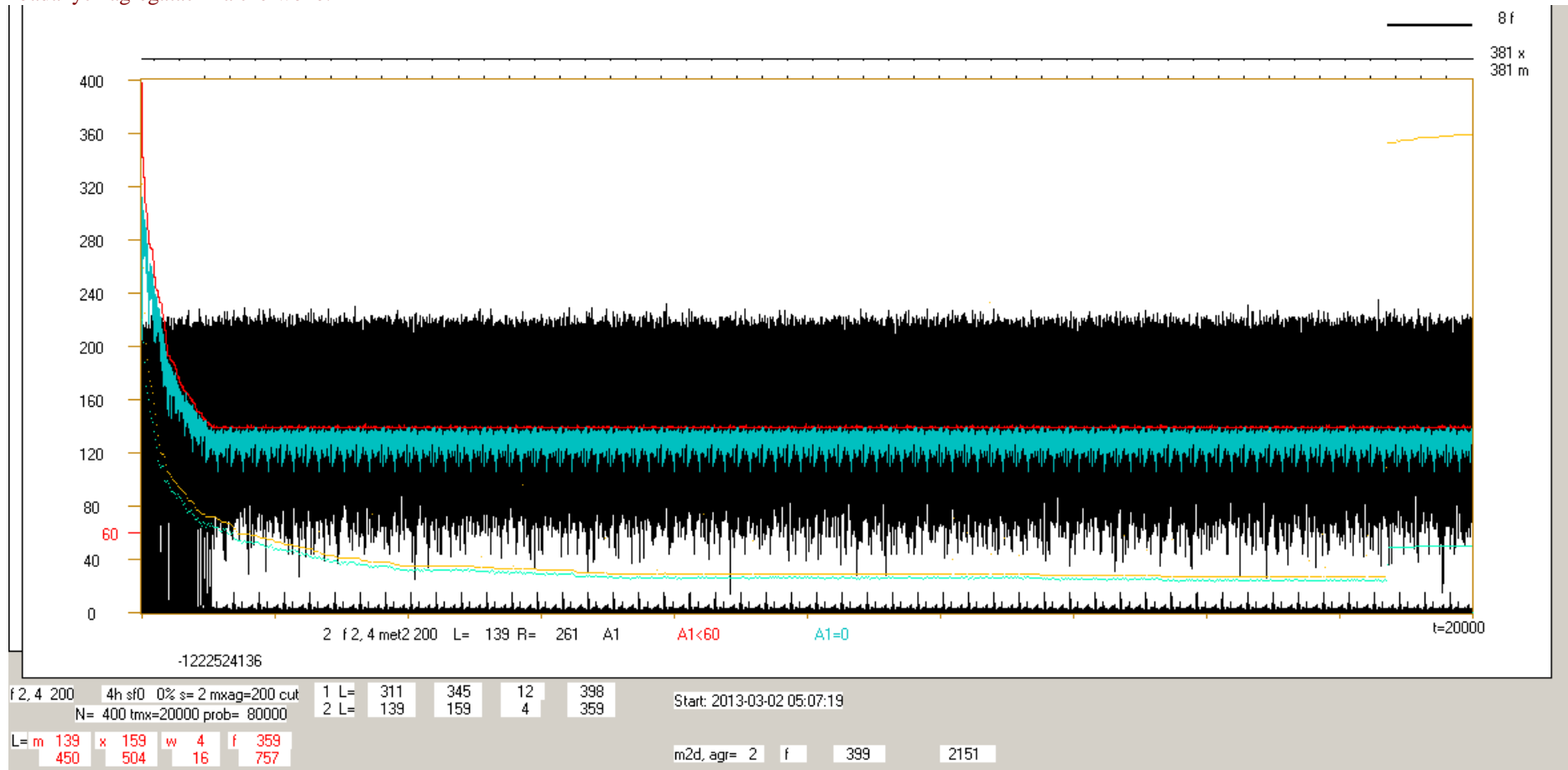
e,f - Podobne przypadki do d, ale wyraźna chwila zmiany zachowania występuje szybciej i mniejszy jest skok porządku. Można domyślać się, że te przypadki tłumaczy krótki atraktor wzorca.



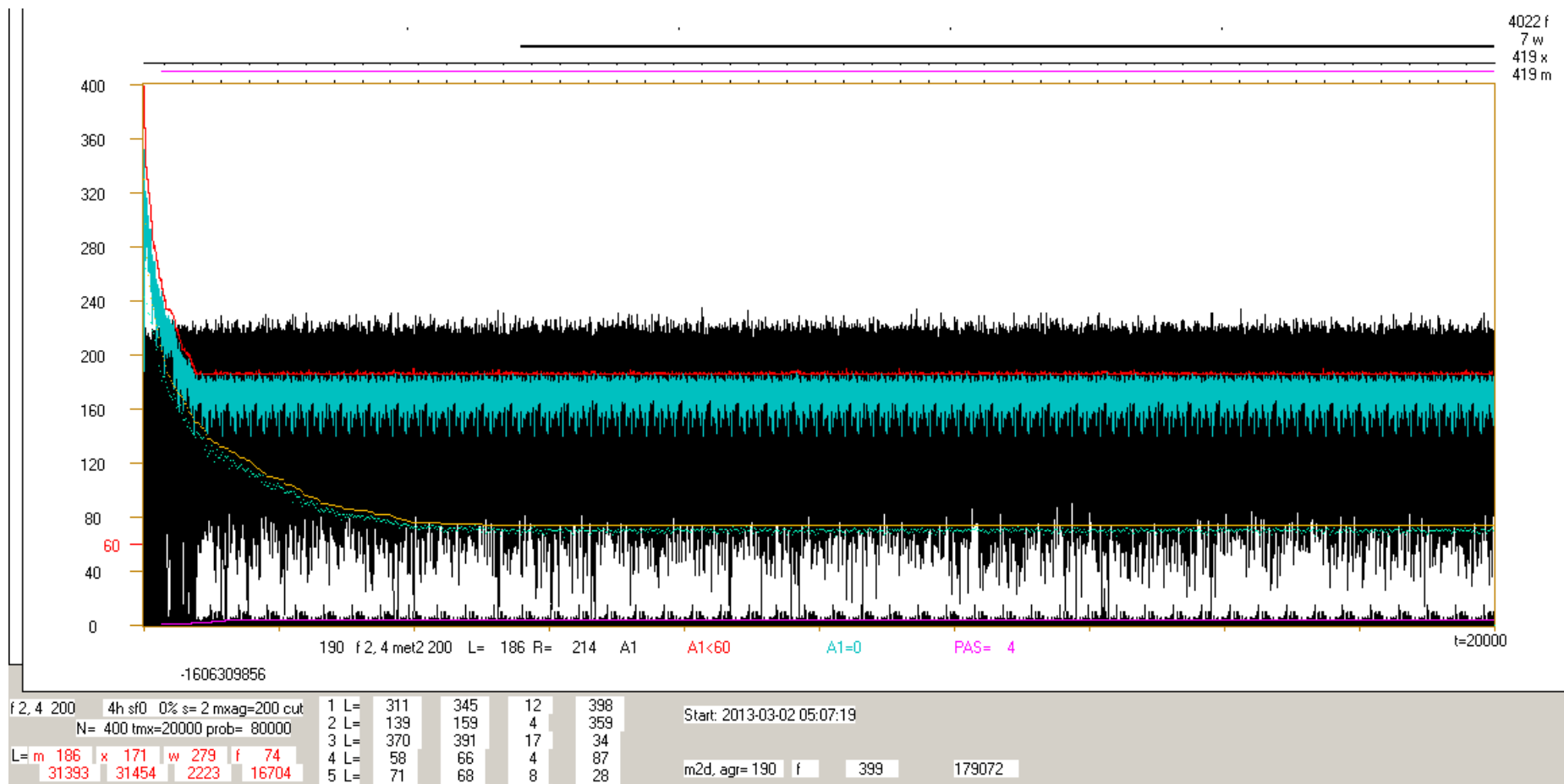


g,h - Bardzo wysoki poziom uporządkowania. Wyraźnie widać, że związany jest on z krótkimi pętłami atraktorów. [D:\Left\progLI\wyn\met2kr\200t1000f\ciek\dopaaj\]

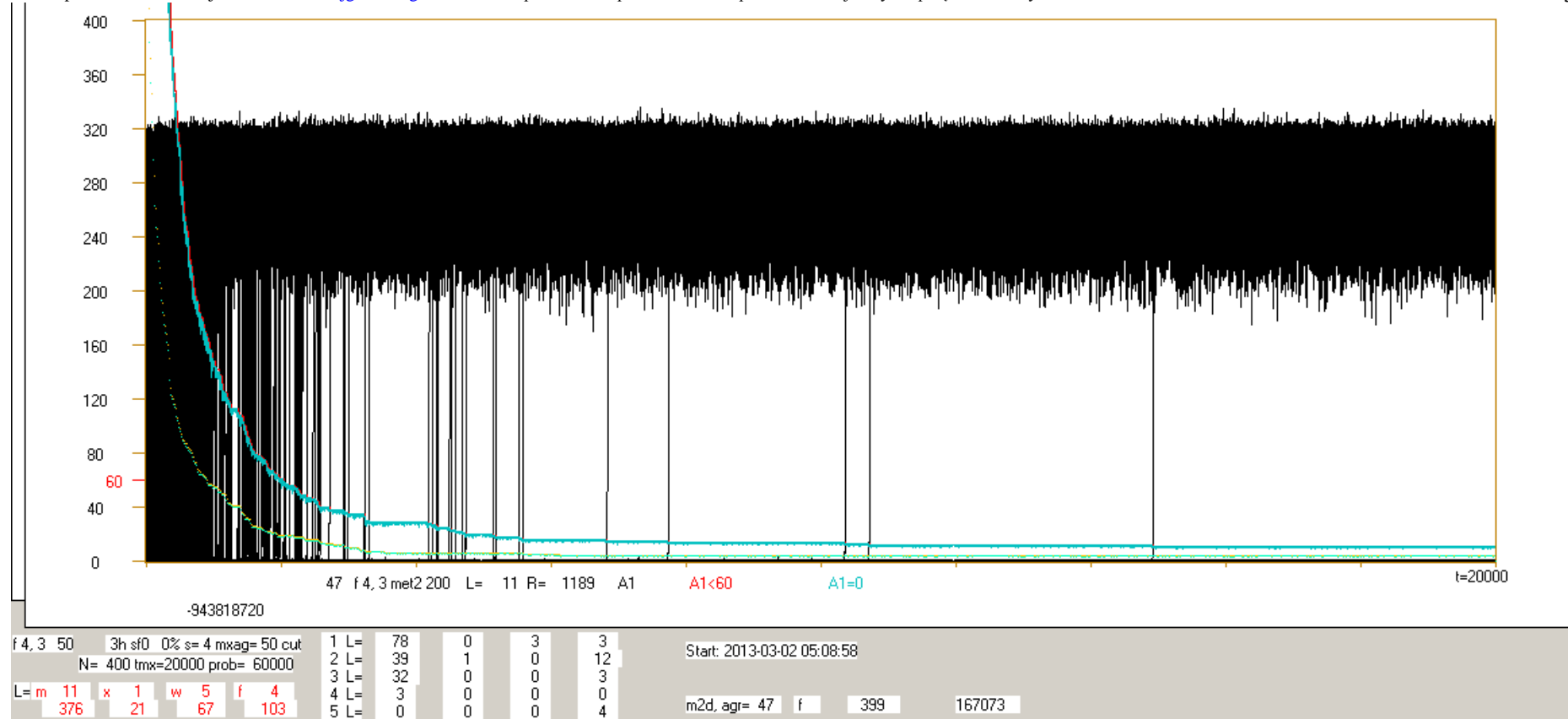
Rys.16. Przykładowe wyniki w postaci „krokodyla” z ostatniej serii symulacji do $tmx=20\ 000$ sieci typu f,s,r z $s,K=2,4$ i $4,3$. Jeden pixel osi poziomej przedstawia tu 20 kroków t . Dla jednej struktury (agregatu) badano pełny możliwy zakres inicjacji dla sieci dzikiej (w) przed $met2\ 200$, po zastosowaniu $met2\ 200$ (m), po przesunięciu stanu, w którym inicjowano, o tmx (x), po zmianie przypisania funkcji do nodów, odwróceniu kolejności stanów wejściowych funkcji i zmianie stanu startowego inicjacji na losowy (f). Po prawej u góry wskazane są, a zaznaczone nad rysunkiem, znalezione długości atraktorów dla tych czterech badań. Są to punkty, gdzie w trajektorii wzorcowej wystąpił stan sieci taki, jak w tmx , jednak wejście w atraktor mogło nastąpić nieco wcześniej. Podstawowy zbiór przebiegów $A(t)$ (czarny) oraz krzywa czerwona – liczba $A<60$ od t , i niebieska – liczba $A=0$ od t obrazowane jako linie łączące wartości dla kolejnych t dotyczą badania m . Dla badania f przedstawiono odpowiednio krzywą żółtą i zieloną jako uśrednione punkty dla kolejnych 20 kroków t . Wyniki $L - (A(tmx)<60)$ dla m,x,w,f dla kolejnych agregatów (na czarno), dla aktualnego agregatu i suma po dotychczas zbadanych agregatach na czerwono.



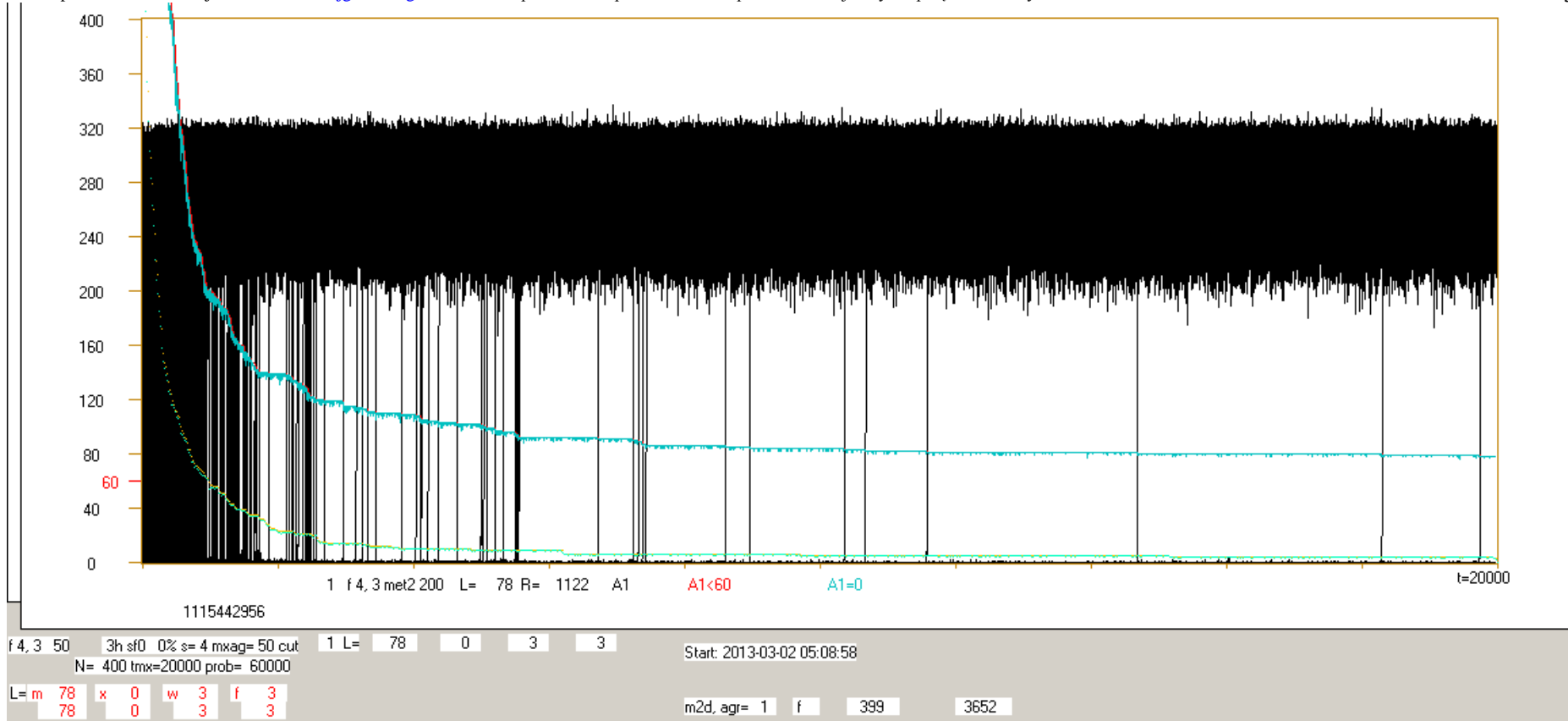
a. Typowy przykład $f\ 2,4$, jednak dość wyjątkowo znaleziony atraktor dla f pod koniec trajektorii, co spowodowało szczególnie duże L dla f . Widać, że „eksplozje” (przejście z dołu o małych A do góry do chaotycznych, gdzie A oscyluje wokół równowagi Derridy) ustają w zakresie pierwszego obrotu atraktora. Wybrany arbitralnie poziom progu $=60$ przekraczany jest wielokrotnie (tam i z powrotem) przez przypadki zaliczone do chaotycznych powodując mylące oscylacje czerwonej krzywej. Krzywa niebieska przypadków wygasłych leży tuż pod czerwoną, ale tu jej nie zamazuje. Przypadki przebiegów uporządkowanych ($A<60$) wykazują okres atraktora wzorcowego. Atraktor x jest taki jak m , co jest oczywiste, ale występuje wcześniej, praktycznie od początku, co zwiększa szanse na większe L dla x , czyli większy stopień porządku $q=L/N$.



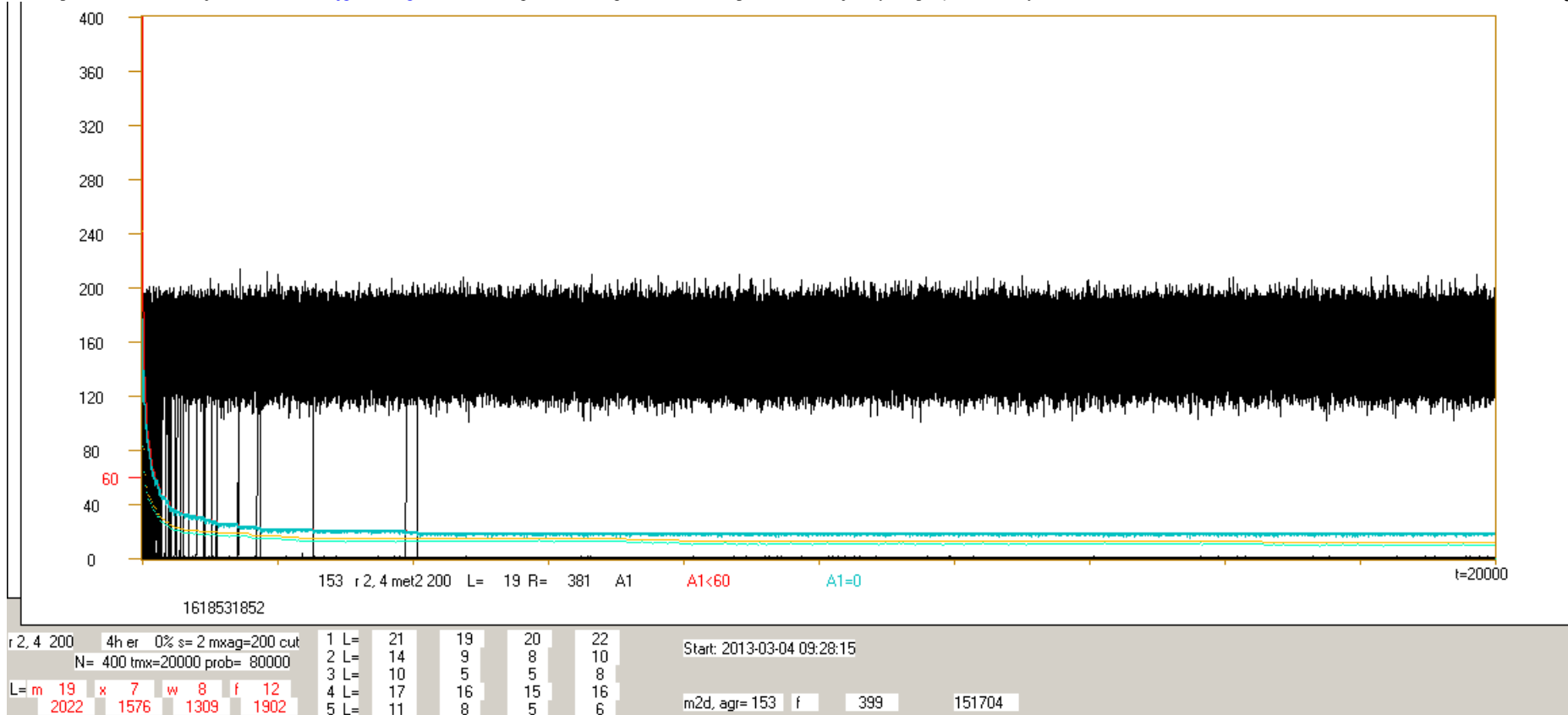
b. Jeden z nielicznych przypadków znalezienia atraktora także dla w. Ponadto, zdarzyły się w badaniu m 4 przypadki atraktora punktowego, którego zakres zaznaczono powyżej kolorem buraczkowym, jak informację PAS= 4.



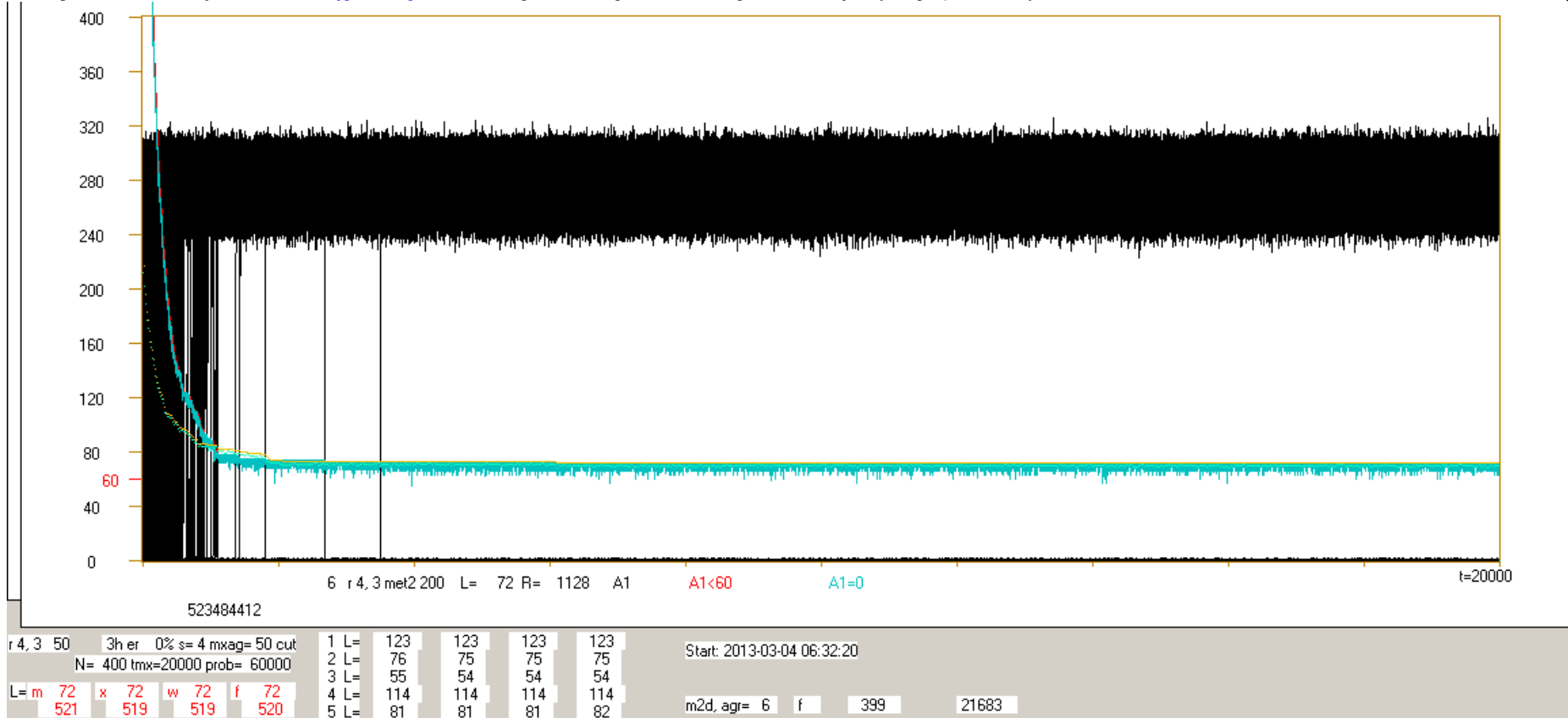
c. Typowy przebieg dla f 4,3. Jak widać, krzywa czerwona została zamazana przez niebieską prawie w całości, świadczy to, że przypadki $A < 60$ to przypadki $A = 0$, czyli w pełni wygasłe. Zmniejszanie ich liczby wynika z wtórnych inicjacji wynikłych z ponownego pojawienia się stanu wejściowego inicjowanego nodu z chwili inicjacji. Mimo długich odcinków bez eksplozji w końcowym przedziale nie można mieć nadziei, że osiągnięty został trwały poziom L. Tu na końcu pozostało jedynie L=11 przypadków inicjacji, które do $tmx=20000$ utrzymały $A < 60$, co jest wartością przeciętną. Jak widać, dla agregatu nr1 było ich aż 78 na 1200 inicjacji, jednak jak widać z następnego rys.d, także ten przypadek nie jest poszukiwanym wejściem w stabilny podwyższony poziom L.



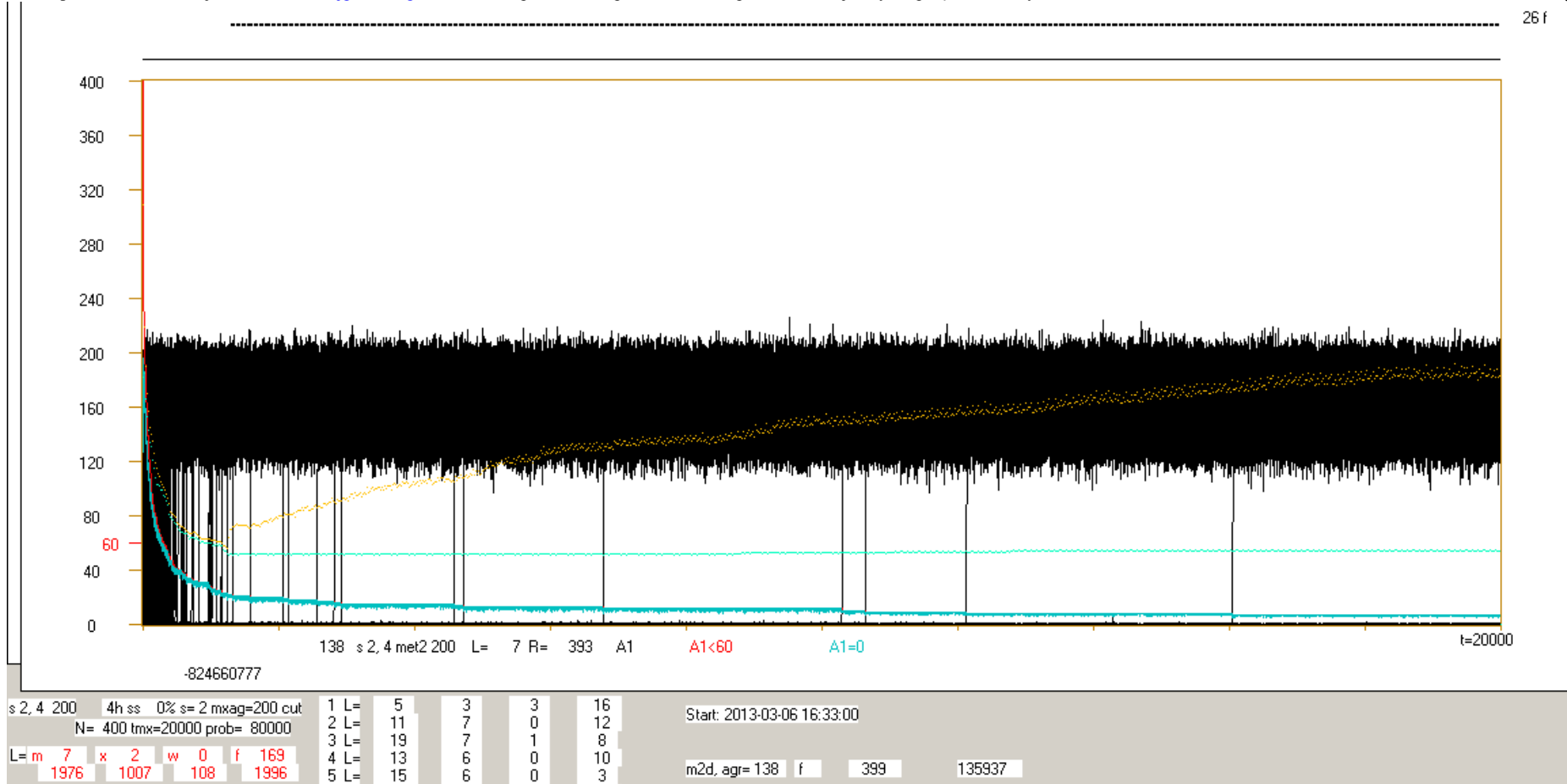
d. Szczególnie wysoki poziom L dla m (f 4,3), jednak nie widać podstaw, by sądzić, że utrzyma się on w dalszym odcinku. Badanie x nie odpowiada na to pytanie, w przypadku braku atraktora wykrytego już w m badanie x może jedynie wskazać, że na atraktor wzorca należało poczekać jeszcze trochę, co dla tak wysokiego poziomu L mogło by dać szansę. Jednak dla s,K=4,3 nie zdarzył się ani jeden przypadek znalezienia atraktora wzorca dla ponad 1000 badanych agregatów (o różnych tmx od 1000) w trzech typach sieci (f,r,s) i w czterech badaniach (m,x,w,f) w każdym agregacie, ani nawet atraktora przebiegu po inicjacji dla około 60% z wymienionych). Należy zauważyć, że podwyższenie poziomu L nie wynika tu ze zwiężenia funkcji, na co wskazuje żółta i zielona linia.



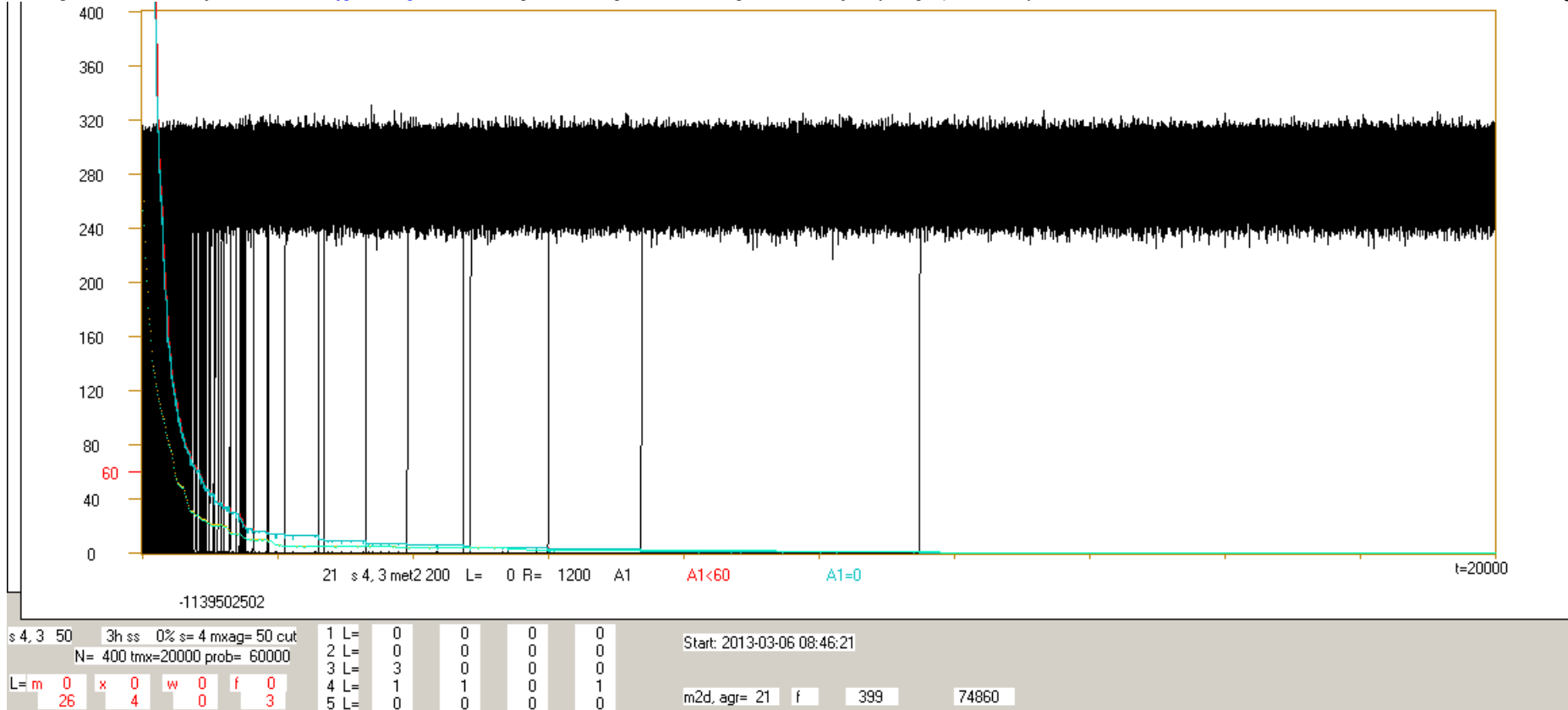
e. Typowy obraz dla r 2,4. Stabilny podwyższony poziom L wynika tu z obecności nodów ślepych (bez wyjść). Nie jest to ten stan podwyższonego stopnia porządku, którego poszukujemy.



f. Typowy obraz dla r 4,3. Stabilny podwyższony poziom L wynika tu z obecności nodów ślepych (bez wyjść). Nie jest to ten stan podwyższonego stopnia porządku, którego poszukujemy.



g. Typowy przebieg dla badania m dla s 2,4, ale całkiem wyjątkowe pojawienie się atraktora w przypadku sieci r i s 2,4, tu pojawił się on dla badania f dość wcześnie.



h. Typowy przebieg dla badania m dla s 4,3. Wszystkie 1200 inicjacji we wszystkich czterech badaniach dało eksplozję chaotyczną i wynikowy L=0. Jak widać z podsumowania, dla 21 zbadanych już agregatów łącznie 26 przypadków inicjacji dotrwało do t_{mx} z A<60 (średnio ok. 1 na agregat). Obraz dla r 4,3 byłby zbliżony, gdyby nie myląc obecność nodów ślepych.

2.5 Czwarty eksperyment - iteracyjne zwężanie funkcji przez met2

Ogólnym celem podjętych badań jest znalezienie, czym różni się sieć opisująca obiekt żywy od sieci losowej, przy czym za główną cechę obiektu żywego wskazuje się podwyższoną stabilność. W tym celu sieć losowa modyfikowana jest w określony sposób, tak, by dostać większą stabilność i sprawdzana jest skuteczność takiej modyfikacji.

W powyższych badaniach met1 i 2 taką modyfikacją było określone dopasowanie funkcji, tak, by zamiast rozszerzać lawinę damage, wygaszać ją.

Ubočnym efektem metody było zwężenie funkcji, które samo daje podwyższenie stabilności. Związek pomiędzy długością atraktorów a takim zwężeniem mierzonym dla sieci Boolean wielkością P – internal homogeneity, jest już wskazany w [ooKauf]. Powstaje pytanie, czy takie zwężenie funkcji można uznać za poszukiwany czynnik różniący system losowy i żywy. Ewolucja korzysta ze wszelkich nadarzających się okazji zwiększenia stabilności, więc i tej nie powinna pomijać, nie wydaje się ona jednak należeć do podstawowych. Korzystając z przygotowanych narzędzi podjęto próbę rozpoznania, co daje zwiększenie nasilenia tego czynnika.

Wykonano dodatkowe doświadczenie polegające na pozostawieniu funkcji z poprzedniego agregatu w miejsce losowych funkcji następnego agregatu. W ten sposób funkcje korygowano kilkakrotnie stosując do nich met2 200 w kolejnych agregatach. W pojęciach wcześniejszych doświadczeń badano: system „dziki” w (po wylosowaniu struktury i stanów, ale z funkcją z poprzedniego agregatu dla drugiej i dalszych iteracji) oraz funkcje f po zmianie ich przypisania do nodów i z losowego stanu początkowego.

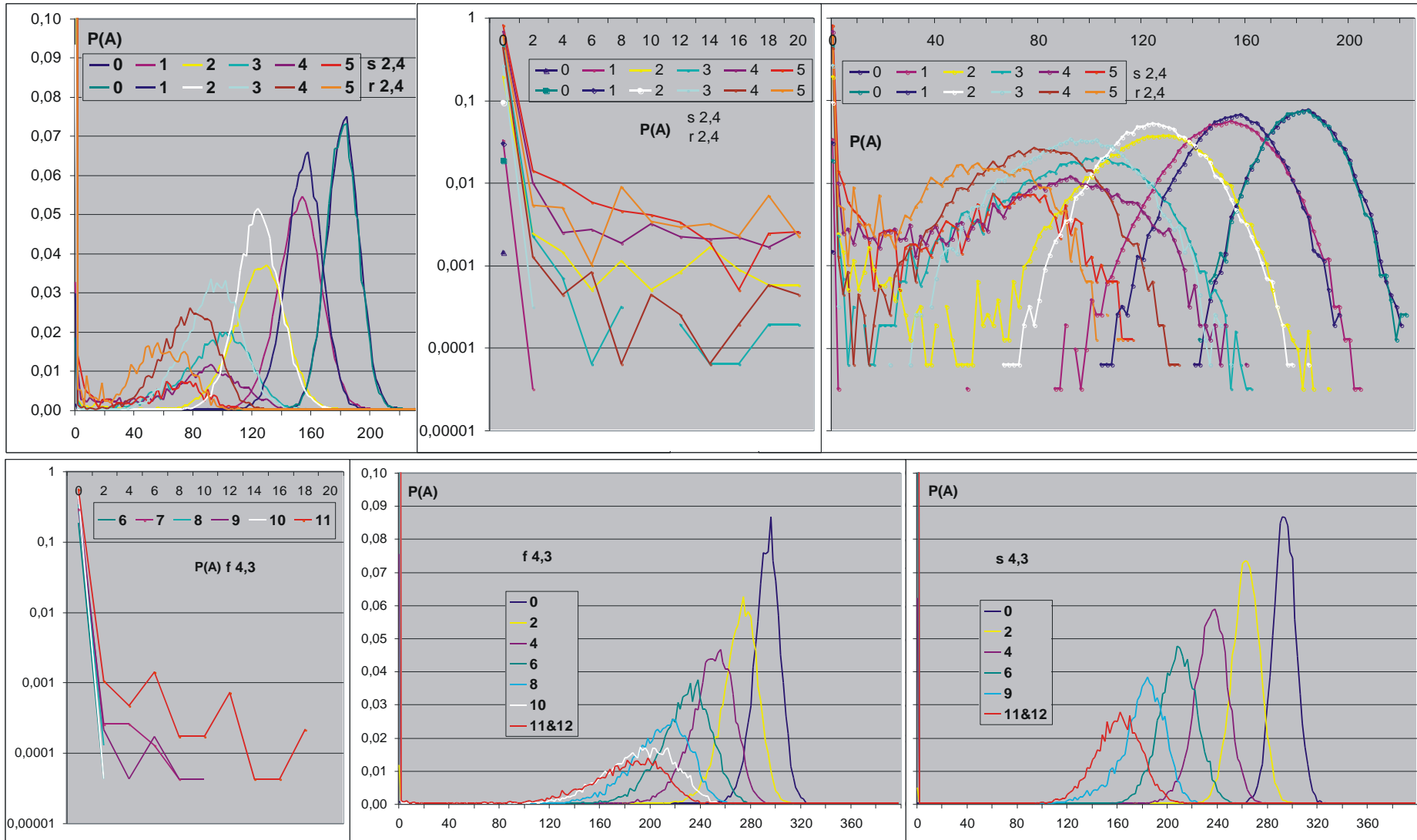
Tak, jak oczekiwano, okazało się, że oba te badania dla danego zbioru funkcji, różniące się strukturą i stanami początkowymi, dają statystycznie takie same wyniki, więc w dalszych podsumowaniach je połączono. W tej sytuacji pierwszy (oznaczony na rysunkach przez 0 – w pełni losowy) i ostatni pomiar (5 dla 2,4 i 12 dla 4,3) mają o połowę mniejszą próbę. Dla sieci 2,4 wykonywano 5 iteracji (pełnej korekcji funkcji met2 200), po czym znowu generowano funkcje losowe, a takich kompletów wykonano dla sieci s 40 a dla r – 20 (tu pamiętać należy, że w sieci r występują nody ślepe – bez wyjść, co utrudnia analizę). Dla s oraz f 4,3 wykonywano 10 kompletów po 12 iteracji. Dla sieci s 2,4 w normalnej symulacji 700 agregatów o jednokrotnym korygowaniu met2 200 nie zaobserwowano atraktorów poza jednym przypadkiem badania funkcji (rys.16.g), natomiast w omawianym doświadczeniu atraktor wzorca pojawił się już w dwóch badaniach z 80 po pierwszych iteracjach (tab.3). Po drugiej iteracji znaleziono 11 atraktorów wzorca, a po 3 i 4 odpowiednio 59 i 72 (na 80 badań po 40 f i w). W r 2,4 atraktor wzorca pojawił się po 3 iteracjach (40 badań), natomiast w f 4,3 po 7 iteracjach, a po 11 (na 20 badań) 9 miało atraktor wzorca. Ogólnie, nie wystąpiły atraktory po akceptowalnych inicjacjach gdy wzorec nie miał atraktora. Ponieważ symulacje były przyspieszone (z pominięciem śledzenia po eksplozji chaotycznej), nie ma danych dla przypadków $Atmx \geq 60$, tj. nieakceptowanych. Dokładniej można to zobaczyć w tabeli 3. Dla sieci s 4,3 nie wykryto ani jednego atraktora wzorca, ani też po inicjacji akceptowalnej, więc pominięta została w tabeli.

Czwarty eksperyment ma charakter sondażowy, statystyki są niewielkie ze względu na czas symulacji a dokładniejszej analizy wyników zaniechano ze względu na obszerność materiału w całym przedsięwzięciu. W tabeli 3 zgromadzono więc dane, które można traktować jako wstępne rozpoznanie przy planowaniu dalszych badań. Istotnym spostrzeżeniem, podobnie jak w poprzednich eksperymentach, jest zasadniczy udział $Atmx=0$, czyli zupełnych wygaśnień w ramach akceptowalnych ($Atmx < 60$). W tych badaniach, dla porównywalności z wcześniejszymi, pozostawiono arbitralnie wybrany próg $=60$, choć, jak widać z rys.17 w porównaniu z rys.3e-h, 13-16, wybór ten traci jakościowe uzasadnienie silnego minimum pomiędzy pikami prawym i lewym. Bardziej adekwatny dla 2,4 byłby próg nieco większy od 20. Wybór progu ma istotny wpływ dla 2,4 na otrzymany wzrost uporządkowania q prezentowany na rys.18 i w tab.3. Inną mylącą okolicznością wpływającą na wynik skuteczności metody zwężania funkcji jest ograniczona długość tmx , która mimo że użyto tu $tmx=20000$, była nie wystarczająca do osiągnięcia asymptoty lub atraktora (rys.19). Jednak oba te czynniki, choć działają w tą samą stronę zwiększenia stabilności q , nie wyczerpują mechanizmów otrzymanego wzrostu q , wśród których przede wszystkim pozostaje silny wzrost liczby znalezionych atraktorów (tab.3).

Wpływ atraktora wzorca na znalezione atraktory po inicjacjach jest podstawowy, co widać zarówno z braku ich występowania gdy brak atraktora we wzorcu jak i z ogromnych fluktuacji i wyraźnych korelacji w rozkładzie długości atraktorów po inicjacji dla akceptowalnych.

Tabelę uzupełniono podając q zobrazowane także na rys.18 oraz, dla sieci Boolean (2,4), wielkością P - Internal homogeneity (patrz tab.1 i [ooKauf]) charakteryzującą zwężenie funkcji. Funkcje dla $s, K=2,4$ przekształciły się praktycznie w same jedynki lub same zera, a P osiągnęło ponad 0.73.

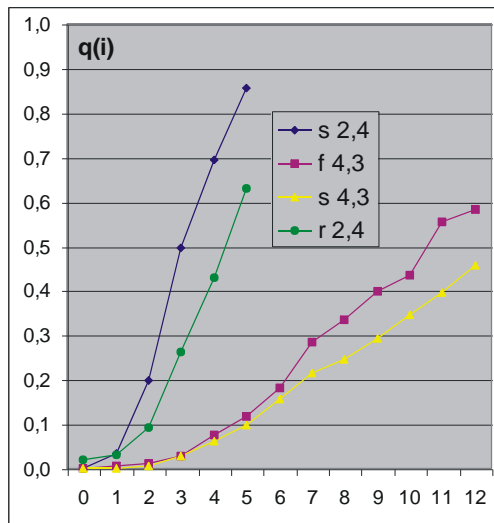
Podsumowując, efekt samego zwężenia funkcji daje przede wszystkim wzrost liczby znalezionych atraktorów co jest głównym mechanizmem podnoszącym stabilność.



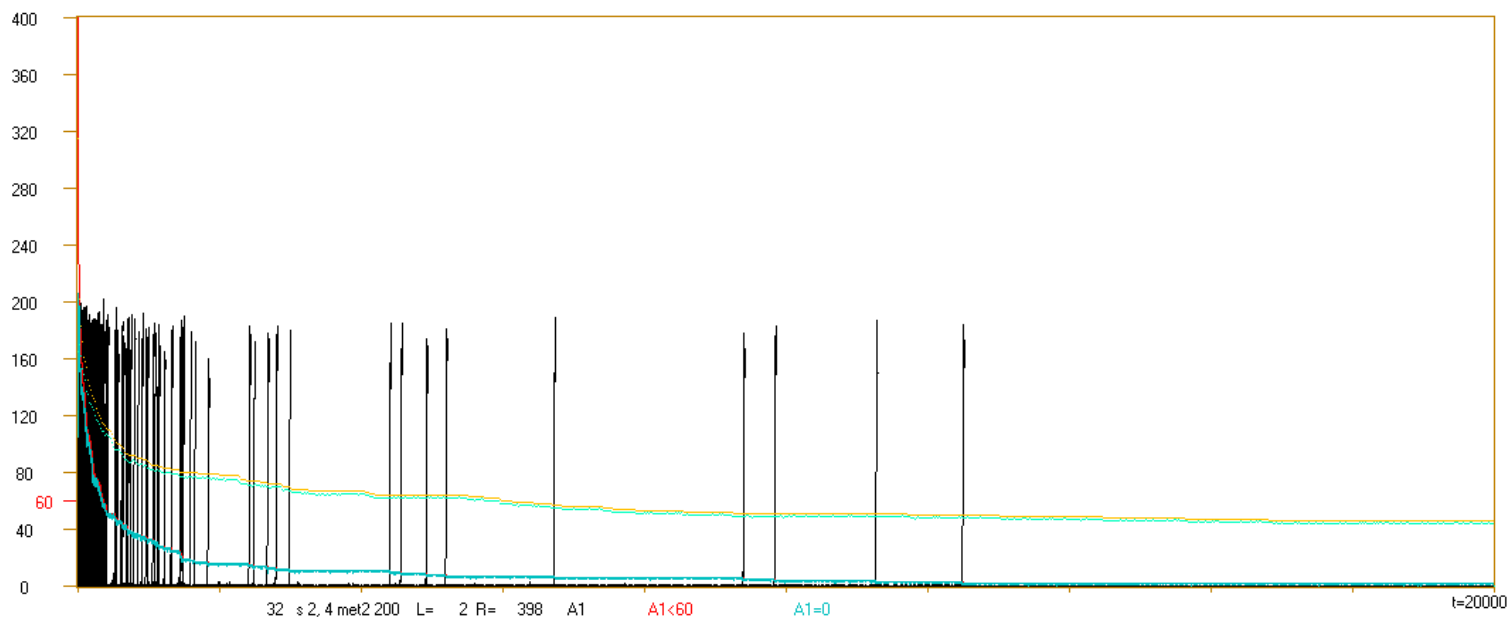
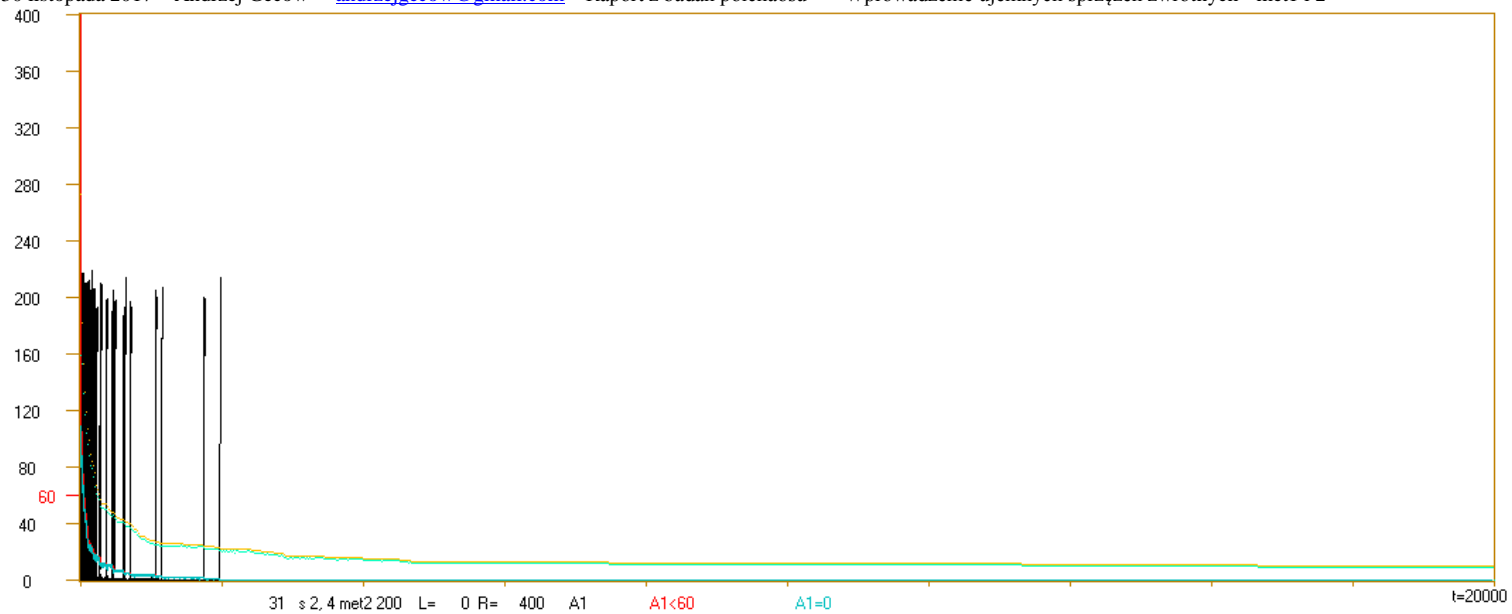
Rys.17. $P(A)$ uzyskane w iteracjach zwężenia funkcji met2 200 dla $s, 2,4$ i $r, 2,4$ (5 iteracji, 40 i 20 kompletów odpowiednio), $f, 4,3$ i $s, 4,3$ (12 iteracji, 10 kompletów). Iteracja 0 to system losowy przed pierwszym zastosowaniem met2 200. Iteracje 0 i ostatnia (5 lub 12) w stosunku do pozostałych mają połowę prób. Dla f i $s, 4,3$ dla czytelności pokazano co drugą iterację, dla $s, 4,3$ usuwając it.8 i 10 ze względu na ich spore fluktuacje, a także połączono it. 11 i 12. Dla zmniejszenia fluktuacji zsumowano kolejne 2 wartości A . Badanie dotyczy przede wszystkim piku lewego zawierającego przypadki uporządkowane (akceptowalne). Jest on wąski, początkowo ogranicza się do jednej wartości, druga pojawia się dla $2,4$ po drugiej iteracji, a dla $f, 4,3$ po 6-tej iteracji. Dla $s, 4,3$ druga wartość pojawia się dopiero w iteracji 12. Lewy pik jest bardzo stromy, więc pokazano go na wykresie logarytmicznym. Iteracje rozmywiają go w prawo, w przypadku $2,4$ łącząc z pikiem prawym, bardziej adekwatny byłby tu próg=20. Przesuwają także pik prawy (chaotycznej równowagi Derridy) na mniejsze wartości A . Jednocześnie zawartość piku prawego maleje a rośnie q (lewy pik) co widać na [rys.18](#).

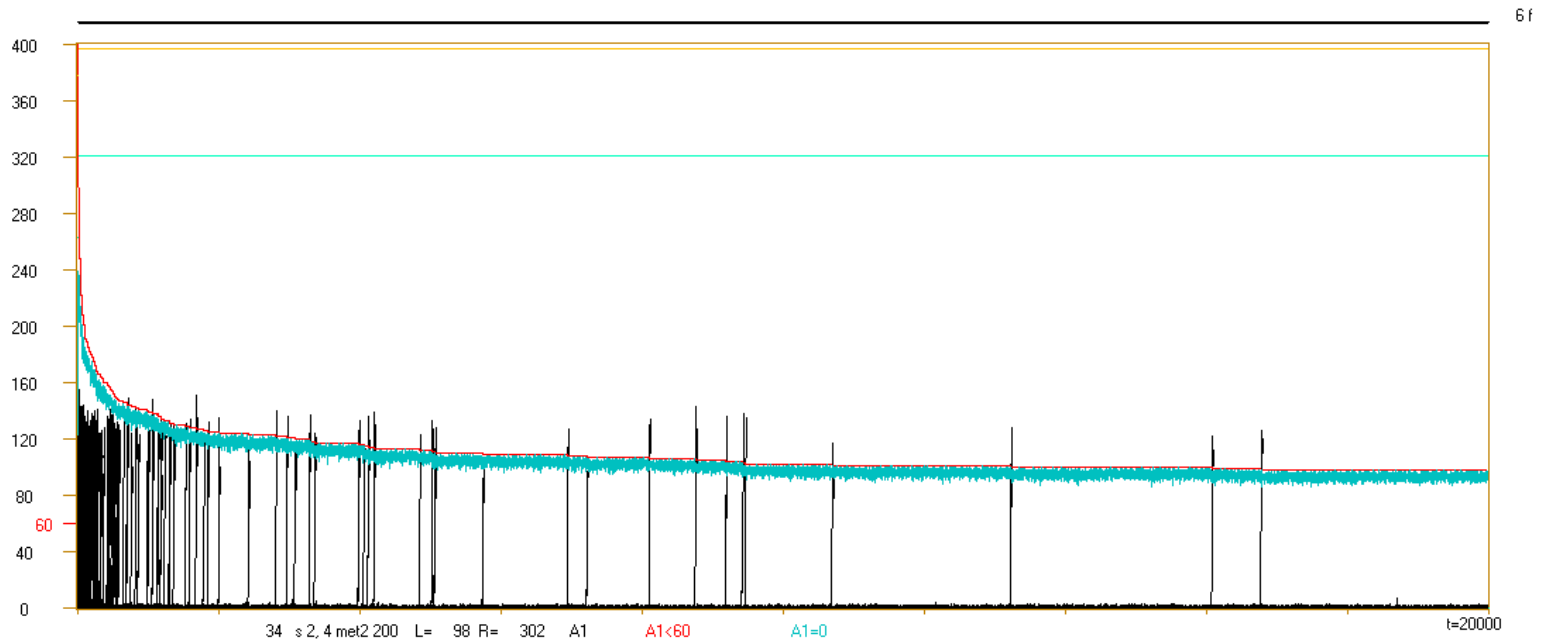
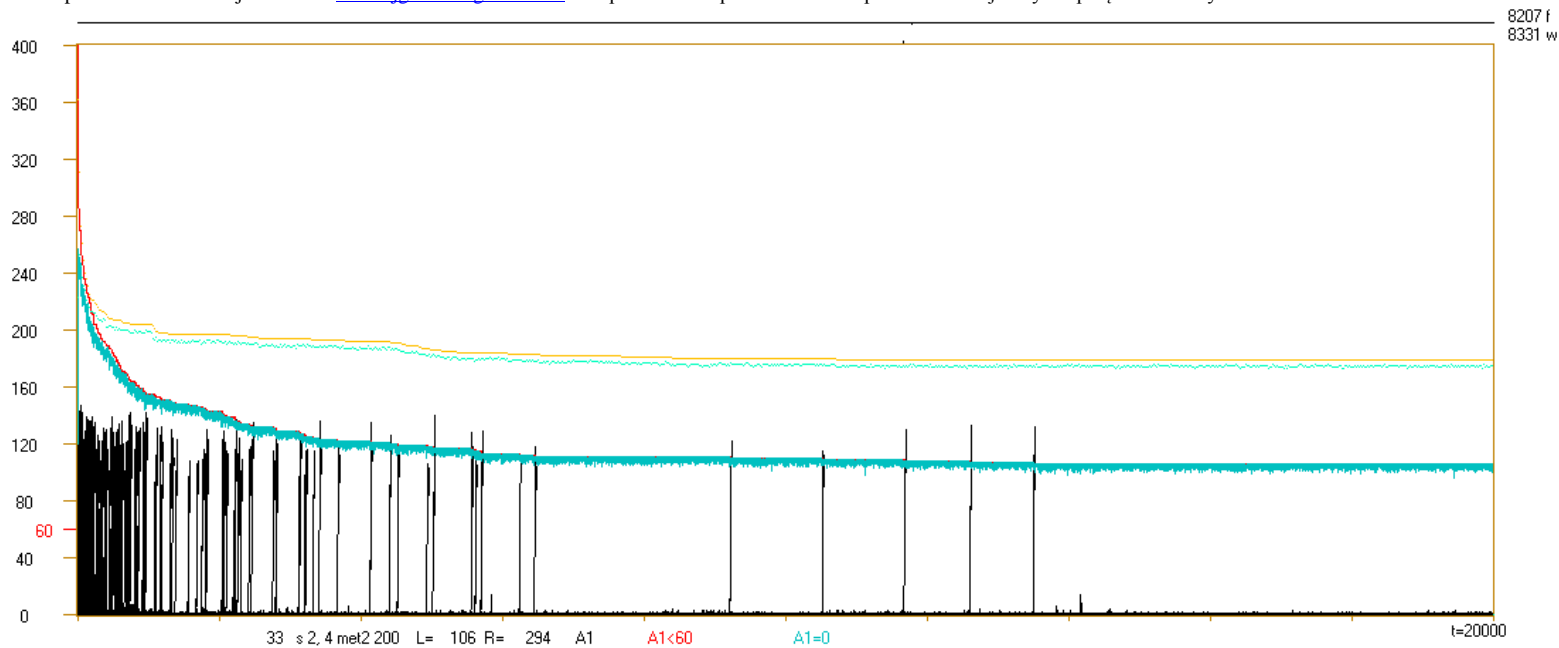
Tabela 3. Wyniki badania (poziom wstępnego rozpoznania) atraktorów w zależności od iteracji. Dla s 2,4 wykonano 5 iteracji (0 – bez korekty i 5 mają 40 prób, reszta 80 prób). Dla r 2,4 także 5 iteracji ale o połowę mniej prób, (patrz opis rys.19). Dla f 4,3 – 12 iteracji, ale pokazano wyniki tylko dla iteracji 7 do 11 po 20 prób, gdyż we wcześniejszych iteracjach brak znalezienia atraktorów. Nie pokazuję tabeli dla s 4,3 badanej jak f 4,3, gdyż nie znaleziono tam ani jednego atraktora. Jak widać, prawie wszystkie akceptowalne to pełne wygaśnięcie ($A=0$), co widać także na krokodylach rys.19 a wcześniej rys.14-16. Nie widać tu systematycznych różnic w statystyce. Rozkłady wielkości atraktorów (porównaj rys.8.b), szczególnie dla mniejszej liczby prób, mają ogromne fluktuacje, co świadczy o silnym związku atraktorów wzorca i po inicjacjach akceptowalnych.

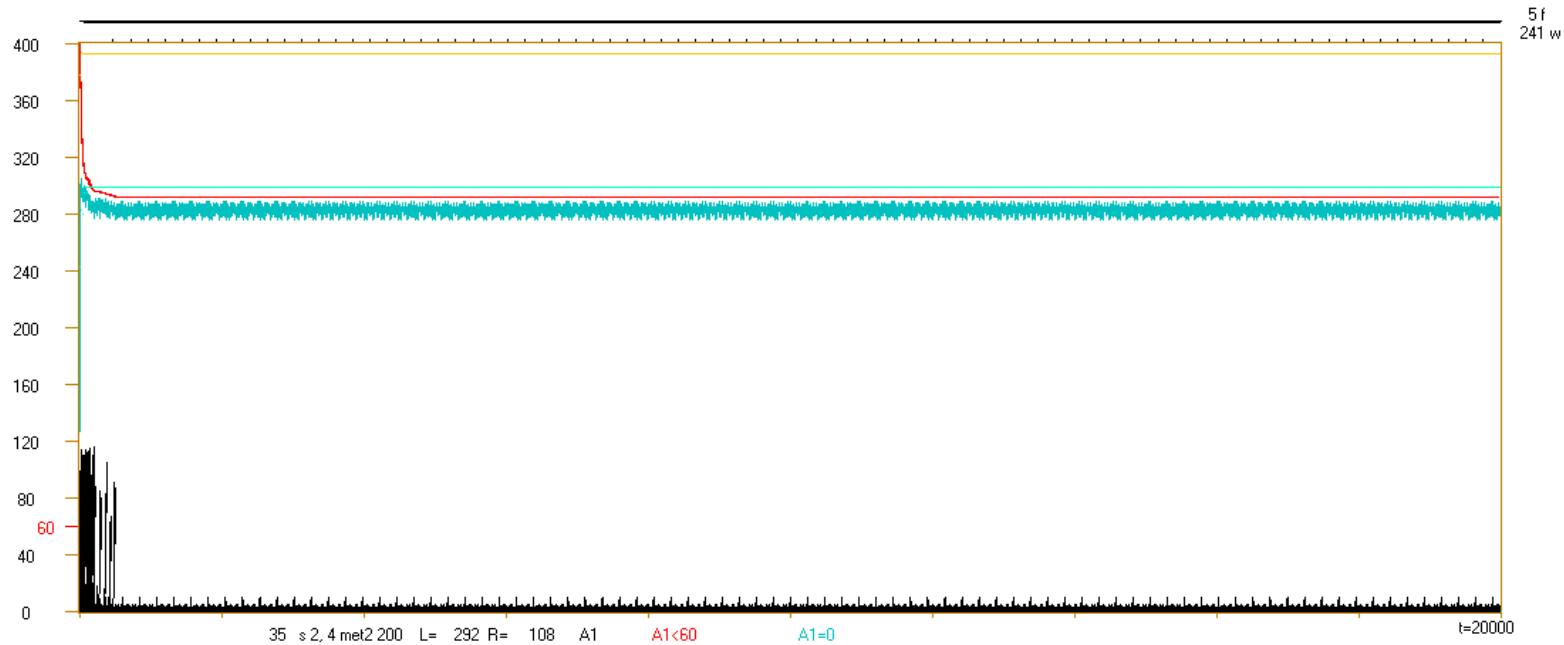
	s 2,4	0	1	2	3	4	5	r 2,4	0	1	2	3	4	5	f 4,3	7	8	9	10	11
akc.nie znal	23	893	4208	2482	1157	188		147	476	1490	2846	3022	502		5254	6389	8535	8571	5879	
1obr	0	0	256	1267	151	0		0	0	0	0	162	193		0	0	0	1066	1285	
2obr	0	149	1875	12132	20907	13497		0	0	0	1333	3683	4350		1539	1608	1027	803	6145	
A=0 nie znal	23	870	4118	2434	1130	181		139	451	1456	2802	2981	487		5244	6375	8506	8546	5849	
1obr	0	0	252	1237	150	0		0	0	0	0	162	188		0	0	0	1060	1285	
2obr	0	140	1744	11469	19210	12015		0	0	0	1311	3555	3980		1509	1593	991	803	5982	
wz.nie znal	40	78	69	21	8	1		20	40	40	32	23	3		18	17	19	17	11	
1obr	0	0	2	8	1	0		0	0	0	0	1	1		0	0	0	2	2	
2obr	0	2	9	51	71	39		0	0	0	8	16	16		2	3	1	1	7	
>10 000	0	0	0	363	151	0		0	0	0	0	162	0		0	0	0	1066	0	
1000-10000	0	0	256	2405	1553	676		0	0	0	175	370	902		0	0	0	0	3357	
100 -1000	0	149	542	3605	4722	1798		0	0	0	0	1346	681		735	586	0	803	0	
10 -100	0	0	276	4209	6303	4096		0	0	0	727	1071	1278		1	644	0	0	1079	
1 - 10	0	0	1057	2817	8329	6927		0	0	0	431	896	1682		803	378	1027	0	2994	
P	0,5974	0,6426	0,6753	0,6996	0,7181	0,7323		0,5986	0,6428	0,6735	0,6992	0,7179	0,7336							
q	0,001	0,033	0,198	0,496	0,694	0,855		0,018	0,030	0,093	0,261	0,429	0,631		0,28	0,33	0,40	0,44	0,55	



Rys.18. Stopień uporządkowania (q) w wyniku iteracji (i) rośnie silnie. W większości jest to pełne wygaszenie damage, czyli $Atmx=0$, co widać w tab.3. Wybór progu ma istotny wpływ dla 2,4 na otrzymany wzrost uporządkowania q . Na rys.17 widać, że bardziej adekwatny dla 2,4 byłby próg nieco większy od 20, a gdy próg=60, jak dla tego wyniku, zalicza do uporządkowanych znaczną część przypadków chaotycznych po ostatnich iteracjach. Inną mylącą okolicznością wpływającą na q jest ograniczona długość $tmx=20000$ nie wystarczająca do osiągnięcia asymptoty lub atraktora (rys.19). Jednak oba te czynniki wzrostu q , nie wyczerpują mechanizmów tego wzrostu, wśród których przede wszystkim pozostaje silny wzrost liczby znalezionych atraktorów (tab.3).







Rys.19. Przykładowy komplet pięciu iteracji dla $s, 2,4$ przedstawiony w postaci krokodyli. Symulacja była optymalizowana ze względu na czas i nie śledzono przypadków, które eksplodowały, tj. przeszły ponad próg=60, dalej, niż 20 kroków od przejścia progu. Dla agregatu nr. 31 wygenerowano losowe funkcje i zbadano wynik kompletu inicjacji. Jest to badanie w na pierwszym z krokodyli. Następnie zastosowano met2 200, to jest pierwsza iteracja. Po tym zmieniono przypisanie funkcji oraz stany początkowe jak w trzecim eksperymencie (patrz opis tab.2) i zbadano komplet inicjacji, co oznaczono przez f. To jest pierwsze badanie pierwszej iteracji. Następnie wygenerowano nowy agregat, tj. sieć o nowej losowej strukturze, o numerze 32, nowe losowe stany początkowe, ale pozostawiono funkcje bez zmian. Teraz badanie w jest drugim badaniem pierwszej iteracji. Po nim następuje druga iteracja przez zastosowanie met2 200 i badanie f – pierwsze badanie drugiej iteracji. Badania w są obrazowane przebiegami $A(t)$ (czarne), których jest tu 400, $L(t)$ czyli liczba $A(t) < \text{progu} = 60$ (czerwone) i liczba $A(t) = 0$ czyli wygasłych damage (niebieski). Są to linie łączące wartości dla kolejnych t , których jest tu 20 na pixel w poziomie. Także $L(L(tmx))$ i $R(400-L(tmx))$ pod diagramem dotyczy badania w. Badanie f obrazowane jest jedynie przez $L(t)$ (żółty) i liczbę $A(t) = 0$ (jasnozielony), ale są to uśrednione po 20 punkty, jeden na pixel w poziomie. Kolejne sieci (agregaty) 33, 34 i 35 także przejmują funkcje od poprzedniego, w wyniku, dla agregatu 35 badanie f jest jedynym badaniem piątej iteracji, a agregat 36 jest jak 31 znowu z funkcjami losowymi. Funkcje losowe (agr.31 w) dają $L=0$, czasami 1, ale wtedy jest to wczesne skuteczne wygaśnięcie damage do $A=0$. Taka sieć jest w pełni chaotyczna, co zbadano już w trzecim eksperymencie. Po pierwszej iteracji obserwuje się już większe L , co widać z rys.18, gdzie $q=L/400$. Dalej L rośnie nawet w przypadkach, gdzie nie pojawił się atraktor i sieć pozostaje chaotyczna, co jest wynikiem zwięzienia funkcji i zbyt małego tmx , by L spadło do zera lub pojawił się atraktor ucinający dalszy spadek. Jak widać, pojawienie się atraktora radykalnie zmienia sytuację dając duże fluktuacje wyniku badań, jednak statystyczny efekt jest widoczny. Należy zwrócić uwagę, że ważniejsze od uzyskanego q (obrazowanego na rys.18) jest częstość pojawienia się atraktora (tab.3), gdyż zmniejsza to znaczenie ograniczenia tmx .

2.6 Podsumowanie

Metody 1 i 2 wygaszania damage wynikały z oczekiwania, że źródłem stabilności organizmów żywych jest aktywna, nieprzypadkowa, bo wyselekcjonowana, reakcja homeostatyczna oparta na ujemnych sprzężeniach zwrotnych. Ewolucja dobiera takie reakcje modyfikując system już bardzo nieprzypadkowy, efekt dotychczasowej ewolucji drogą selekcji naturalnej (doboru naturalnego). W założeniach badanych metod brano jednak system losowy i taki modyfikowano, co może być zbyt dużym uproszczeniem.

Spodziewany efekt uzyskano jedynie w silniejszej met2 dla sieci f 2,4, (choć efekt od samego zwężenia funkcji jest tu podobny) a w pozostałych przypadkach sieci s i r 2,4 oraz wszystkich trzech sieci f,s,r 4,3 met2 dała zauważalne efekty we właściwym kierunku, jednak dużo mniejsze od oczekiwań i potrzeb, nie wchodząc w obszar stabilnie podwyższonego poziomu q – stopnia uporządkowania.

Dla sieci s i r 2,4 efekt metody wygaszania damage przez dobieranie funkcji okazał się niemal w całości pochodzący od samego zwężenia funkcji, które było ubocznym, ale koniecznym efektem metody, jednak dla s,K=4,3 metoda dawała efekt wyraźnie silniejszy od samego zwężenia funkcji ratując w ten sposób reputację i sens metody.

Możliwe, że intensyfikując metodę głównie w kierunku zwiększenia szans znalezienia krótkich atraktorów, oraz w kierunku odtwarzania zasobów możliwości modyfikacji, kierunek może okazać się właściwy, jednak w obecnym zakresie met2 **samo korygowanie systemu losowego przez wygaszanie damage okazuje się ogólnie niedostateczne**.

Badania dały szerokie rozpoznanie zjawisk i możliwości dalszych poszukiwań. Potwierdziły dużą rozpiętość wyników w zależności od typu i parametrów s,K sieci.

Przede wszystkim wykazały one **podstawową rolę krótkich atraktorów** w problemie stabilności.

Drugim wnioskiem jest **znaczenie zwężenia funkcji**, wskazywane już przez stosowanie P – internal homogeneity [ooKauf] i “so-called canalizing functions” [Serra04, Serrajtb07]. Siła tego zjawiska jest wyraźnie inna dla s,K=2,4 i 4,3. Możliwe, że ten parametr w organizmach żywych ma istotne znaczenie w uzyskaniu podwyższonej stabilności, ale nie wydaje się, że tak podstawowe, jak ujemne sprzężenia zwrotne i obecnie docenione krótkie atraktory. Jak okazało się, tą drogą można zwiększyć szansę małych atraktorów, jednak wydaje się, że należy szukać głównie innych źródeł radykalnego skrócenia atraktorów. Zdaję sobie sprawę, że ocena tej drogi poszukiwania jest nieco subiektywna.

3 Modularność – met3

3.1 Zadania, przesłanki

Wyszliliśmy z **przesłanek interpretacyjnych** dotyczących opisu żywych organizmów: **losowa** reakcja jest chaotyczna, a stabilność jest osiągnięta aktywnie przez konstrukcje i reakcje wyselekcjonowane w drodze ewolucji, na pewno nielosowe. Spodziewamy się, że są one realizowane na drodze ujemnych sprzężeń zwrotnych, które stanowią krótkie cykle.

Obserwujemy system w odcinku dłuższym niż cykl atraktora, który jest stosunkowo krótki. Mała zmiana jest co prawda stała, ale wygasa jak chwilowa bo manifestuje się raz, może kilka razy w krótkim cyklu. Atraktor globalny może być złożony z wielu takich, prawie niezależnych, krótkich cykli.

Z założenia, poprzednie serie badań met1 i 2 ograniczone zostały do doboru funkcji, pozostawiając bez zmian losową, jednorodną strukturę połączeń i losowe stany początkowe.

Skoro met1 i 2 nie są dostatecznie przekonujące, a wynika z nich, że oczekiwane własności (dwa piki jednocześnie - porządku i chaosu) związane są z krótkimi atraktorami, to należałoby uzyskać taką sieć o krótkich atraktorach.

Ogólnie uważa się, że obiekty żywe posiadają budowę modułarną. Jednocześnie można oczekiwać, że modularność powinna prowadzić do krótszych cykli, przede wszystkim lokalnych, co ma wpływ na wygasanie damage. Uzupełniając poszukiwania z met1 i 2 (dobór funkcji), należy więc teraz zbudować sieć losową z założenia modułarną, co jest formą doboru struktury.

Np.: buduję 16 modułów, tj. małych sieci (np. każda po $N1=25$ nodów) określonego typu, i wiążę je formułą tego samego lub innego typu, jako $N2=16$ nodów wyższego poziomu hierarchii (tu nod reprezentuje cały moduł). Pozostałe parametry (funkcje i stany oraz połączenia w ramach tych sieci) pozostawiam losowe, lub wspomagamy dobór struktury poprzez met2 doborom funkcji. Ponownie otrzymuję sieć $N=400$, ale o wyszukanej, modułarnej strukturze. Chodzi o to, że powiązania wewnątrz modułów mają być znacznie silniejsze niż pomiędzy nimi, co powinno drastycznie skrócić cykle i silnie wpłynąć na parametry stopnia chaosu i porządku.

Także K na obu poziomach może być różne, ale s musi pozostać wspólne. A więc symulację określać będzie wektor **[typ1,2; s; K1,2; N1,2;]**.

3.2 Wstępne rozpoznanie

3.2.1 Symulacje pierwotne, chaos na poziomie nodów, $tmx=60$

Początkowa koncepcja zakładała, że damage w module może wygasnąć wspomagane krótkim atraktorem wewnątrz modułu, natomiast gdy eksploduje (zachowanie chaotyczne), to raczej wyjdzie z modułu i zainicjuje moduły sąsiednie. Tam może wygasnąć, ale to mało prawdopodobne, bo to inicjowanie będzie w niemal każdym kolejnym kroku. Ten hipotetyczny obraz zakładał więc, że moduły są na tyle duże, że można rozróżniać w nich zachowanie uporządkowane i chaotyczne. Na podstawie innych doświadczeń [brj] szacowano, że z tych przesłanek $N1$ nie powinno być mniejsze niż 20.

Wstępne rozpoznanie wykonane zostało dla modułów typu er 2,4 i 4,3 dla $N1=20,40,80$ i 200 z $N2 = 400/N1$. Nie było istotne, że typ sieci modułu jest akurat er, użyto go jako wygodny algorytmicznie przykład, tym bardziej, że dla tak małych sieci typ sieci jest słabo określony ze względu na małą statystykę. Typy sieci sf i ss dla tak małych N (w okolicy 20) są mało poprawne ze względu na problem startu.

Połączenia międzymodułowe nie mogły być typu er, gdyż dawałyby moduły bez wyjść, co jest nieodpowiednie interpretacyjnie, szczególnie dla tak małych $N2$. Dla połączeń międzymodułowych ustalono więc regułę stałej liczby wyjść $k2=K2$ (typ ak w [arj,brj,it]). $K2$ przyjmowało wartości 0,1,2,3,6,9, z czego część miała znaczenie kontrolne. Dodatkowo ustalona została reguła tych połączeń typu 'koła', ($K2$ linków wejściowych było podłączane do modułów o kolejnych numerach), gdyż dla tak małych $N2$ nie wydawało się sensowne wprowadzać reguły losowych. Ogólnie, już najprostsze doświadczenie rozpoznawcze musiało posiadać wiele uproszczonych decyzji arbitralnych, w tym wynikających z optymalizacji prędkości obliczeń (np. $tmx=60$).

Wyniki tego wstępnego rozpoznania były zniechęcające - w badanym zakresie nie wykryto wyraźnego efektu modularności w podniesieniu stabilności, obserwacje słabych efektów sugerowały istotne zmniejszenie modułów, co wydawało się niespójne z oczekiwaniami i interpretacją. Odstąpiono więc od dalszego badania modularności przechodząc do bardziej radykalnego sprawdzenia efektów bardzo małych atraktorów (met4). W wyniku rozwoju narzędzi w ramach tych dalszych badań (w tym met2 200), pojawiły się możliwości techniczne i nowsze przesłanki interpretacyjne, które spowodowały powrót do badań modularności.

3.2.2 Wybór N1 - krótki atraktor w module

Wykonano więc badanie: jakie powinno być N1, by w takim module krótkie atraktory występowały dostatecznie często. Badano po 100 sieci o N1=40,20 i 16 dla sieci typu f,r,s 2,4 i 4,3 metodą met2 200 z tmx=1000. Wyniki - liczba znalezionych atraktorów w trajektoriach wzorcowych dla m (po met2 200), f (samo zwężenie funkcji), w (sieć losowa „wild”) przedstawia poniższa **tabela 1**:

Tabela 1. Liczba znalezionych atraktorów wzorca dla 100 agregatów przy tmx=1000, odpowiednio: m (po met2 200), f (samo zwężenie funkcji), w (sieć losowa „wild”) (oznaczenia i definicje jak w badaniach met2 200). Symulacje dla sieci typów f, r, s; o parametrach: s,K= 2,4 i 4,3 oraz N=40, 20 i 16. W sieci typu r występuje najmniej atraktorów a s,K=4,3 wymaga mniejszych N - liczby węzłów w sieci dla podobnej liczby atraktorów jak 2,4. Dla r 2,4 można oczekiwać efektów modułowości nawet dla N1=40 gdy dla 4,3 podobny stan występuje dopiero dla N1=16. Zastosowanie met2 200 lub samego zwężenia funkcji wyraźnie zwiększa liczbę znalezionych atraktorów.

m,f,w	N40 2,4	4,3	N20 2,4	4,3	N16 4,3
f	100,100,100;	50,9,0;	100,100,100;	100,93,44;	100,100,81;
r	87,82,25;	0,0,0;	100,100,100;	53,24,1;	91,71,35;
s	100,100,87;	3,0,0;	100,100,100;	90,58,5;	99,93,47;

Widać z tego wyraźnie, że sieć losowa (w) typu r 4,3 jest szczególnie oporna, zastosowanie met2 200 daje szansę dla N1=20 r 4,3, ale dopiero N1=16 dla 4,3 jest już obiecujące nawet bez met2. Badana we wstępnym rozpoznaniu losowa (w) sieć r 2,4 powinna [Iguchi07] dla N1=20 dać wyraźny efekt, ale obserwowany efekt był wtedy znikomy, co mogło wynikać z przyjęcia tmx=60, ale także z oddziaływań międzymodułowych. W nowszych założeniach interpretacyjnych dopuszczono moduły o mniejszych N1 nie wymagając rozróżnienia wewnątrz modułu między rozwojem damage uporządkowanym i chaotycznym, a skupiając się na możliwości wygaśnięcia lub ograniczenia eksplozji do mniejszej liczby małych modułów.

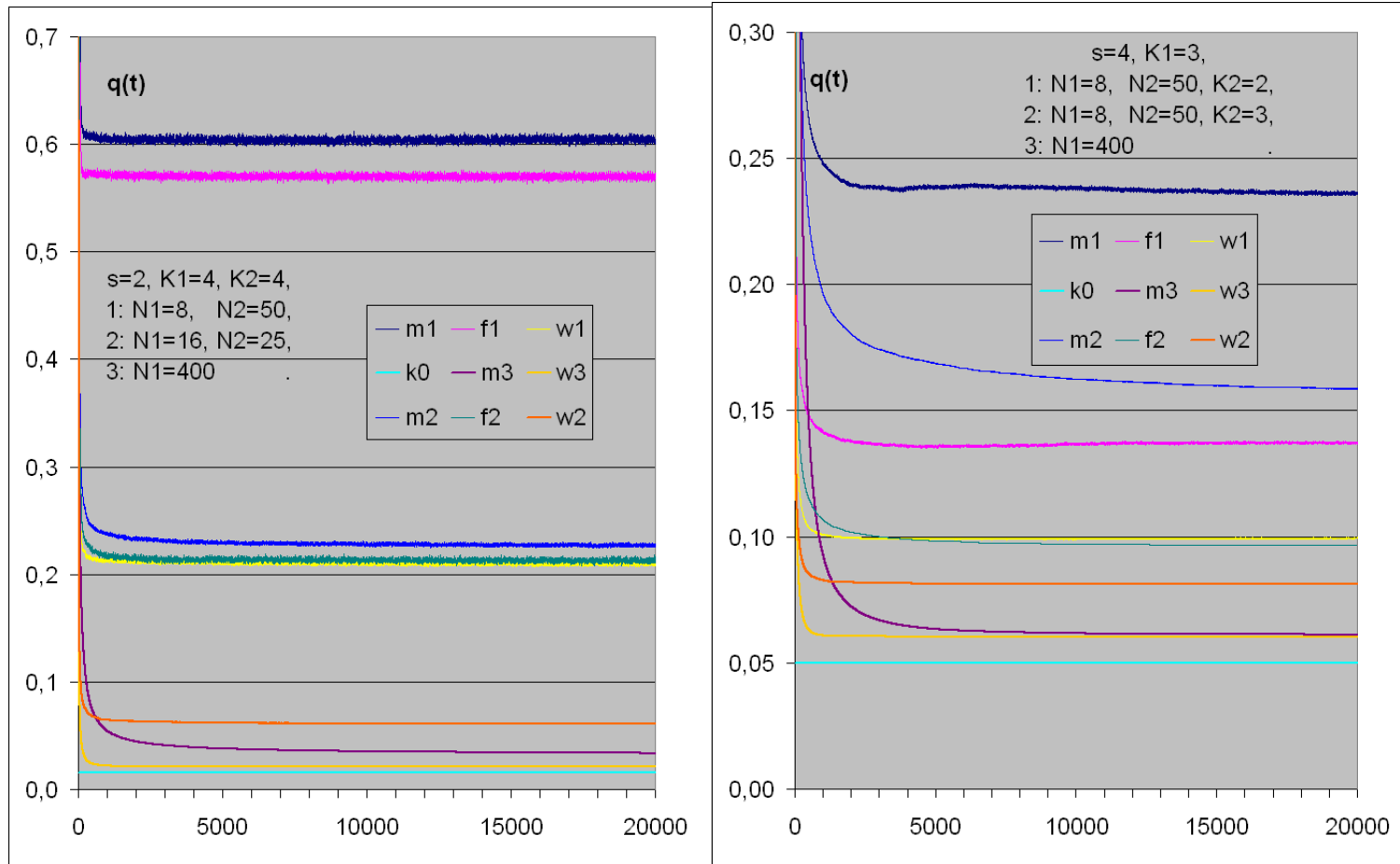
3.3 Symulacje po met2 200, chaos na poziomie modułów, tmx=20000

3.3.1 Badanie stabilności

Podjęto więc następny krok powracając do badania struktury modularnej jak we wstępnym rozpoznaniu, ale moduły miały N1= 16 i 8, tmx=20000 jak w badaniach met2 200. Główna seria symulacji (1), która dała wyraźny efekt modułowości ma N1=8, więc N2=50. Dla s=2 K1=4 badano K2=4 uzupełniając (2) N1=16, a dla s=4 K1=3 badano K2=2 uzupełniając (2) K2=3. Wyniki pokazują **rys.1 i 2** oraz **tab.2**.

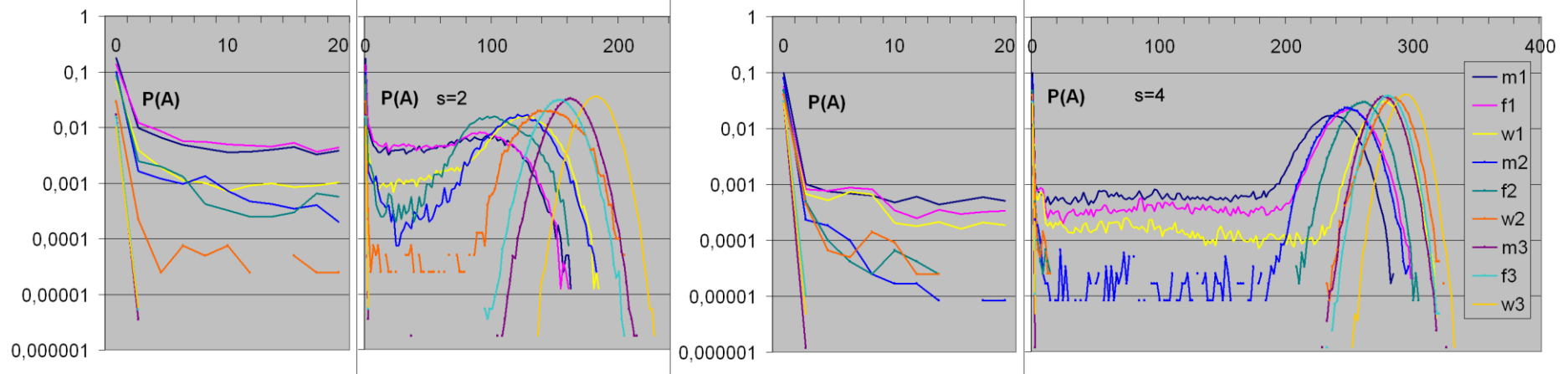
Tabela 2. Wartości q (w tmx=20000 patrz **rys.1**), położenie (Amx) i wartość (P(Amx)) maksimum prawego piku (chaotycznej równowagi Derridy, **rys.2**) dla formuł m, f, w i serii 1, 2 i 3 opisanych pod **rys.1**. Dla s=2 największe przesunięcie w lewo piku prawego występuje dla formuły f (co widać już na **rys.3** opisu met2), a dla s=4 dla formuły m. Czysty efekt modułowości met3 obrazuje wzrost q dla formuły w, ale w przeciwieństwie do czystej met2, zastosowanie met2 wraz z met3 daje silny efekt w serii 1 dla s=4. Tabela ta ma rolę uściślającą dla **rys 1 i 2**.

	m1	f1	w1	m2	f2	w2	m3	f3	w3
q 2,4	0,604	0,568	0,208	0,226	0,215	0,061	0,034	0,031	0,021
Amx	96	90	124	122	96	142	162	154	182
P(Amx)	0,007	0,008	0,016	0,017	0,016	0,02	0,033	0,031	0,036
q 4,3	0,709	0,412	0,298	0,476	0,290	0,244	0,061	0,061	0,060
Amx	236	250	278	246	262	284	278	280	294
P(Amx)	0,017	0,023	0,030	0,024	0,030	0,036	0,038	0,039	0,041



Rys.1. Zależność $q(t)$ w podstawowych symulacjach efektu modularności (1) (100 agregatów, $N1=8$), i bardziej skrajnych parametrów (2) (50 agr.) w porównaniu z jednolitą siecią o takim samym rozmiarze $N=400$ bez modułów (3) ($s=2$ - 700 agr., $s=4$ - 350 agr., badania z met2). Moduły (1 i 2) i sieć (3) typu r, $tmx=20000$.

Dla $s=2$: $K1=4$, $K2=4$, $N1=8$ (1) i $N1=16$ (2). Dla $s=4$ i $K1=3$ serie (1) i (2) różni $K2=2$ i 3 odpowiednio. O ile dla $s=2$ w obu seriach (1 i 2) występuje stabilny, silnie podwyższony względem wariantu bez modułów (3) poziom q , to dla $s=4$ w zakresie $tmx=20000$ można to powiedzieć jedynie dla serii (1), natomiast (2) wykazuje wyraźny spadek dla wszystkich trzech formuł m,f,w. Formuła w dla $s=2$ serii (2) także niekoniecznie jest stabilna i podobnie do serii (3) leży blisko dolnego ograniczenia $k0$ wynikającego z obecności w typie sieci r nodów bez wyjść. Serie (1) wykazują, że modularność może znacząco podnosić poziom q , a to podniesienie wydaje się być stabilne.



Rys.2. Rozkład prawdopodobieństwa $P(A_{\text{mx}})$ dla serii opisanych na rys.1. W celu zmniejszenia fluktuacji statystycznych zsumowano 2 kolejne wartości co widać na dokładniejszym przedstawieniu piku lewego. Poza mało istotnym przesunięciem piku prawego (równowagi chaotycznej Derridy) pojawia się pomiędzy prawym i lewym pikiem istotne dla rozważanego zagadnienia rozmycie, które pozwala na podniesienie poziomu q zależnie od wyboru progu zaliczania do przypadków uporządkowanych.

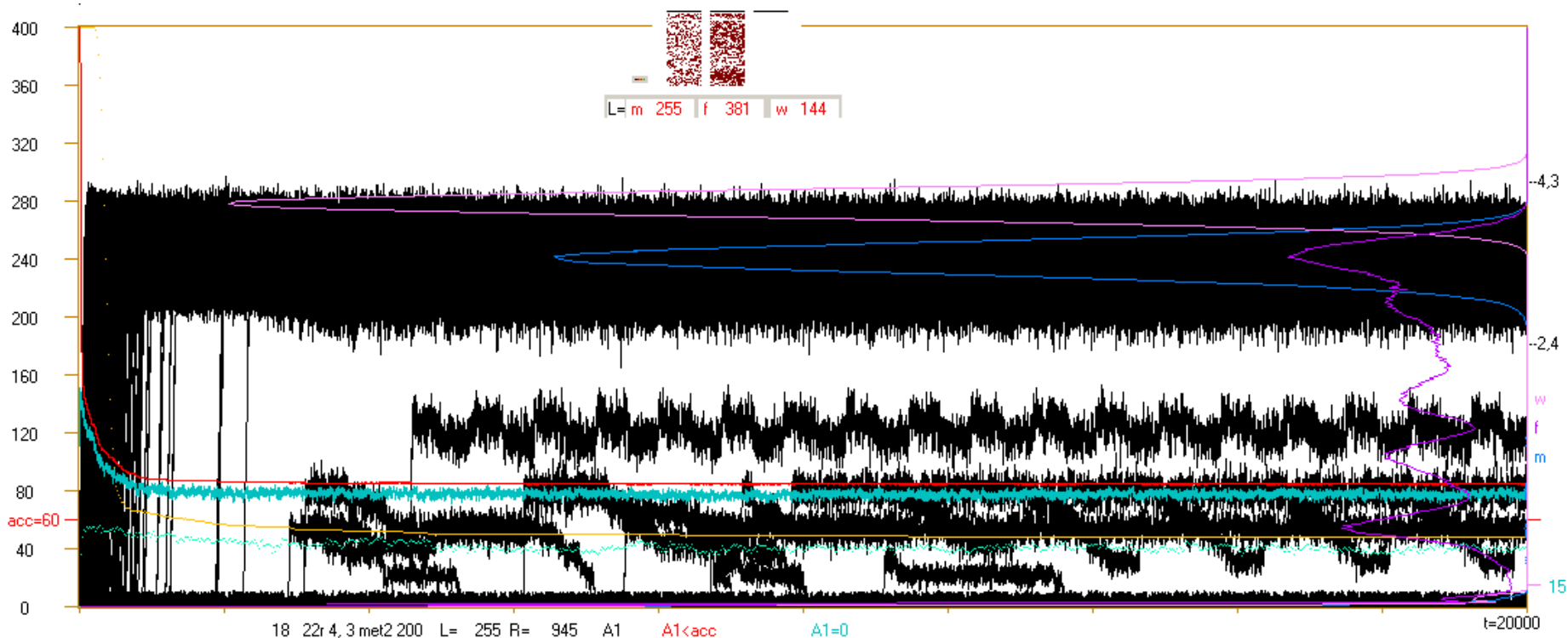
3.3.2 Atraktory w modułach i globalne

Podobnie jak w badaniach met2 wystąpienie atraktorów po inicjacji jest skorelowane z występowaniem atraktora we wzorcu ale już nie tak silnie, co badane było osobno na krokodylach (rys.3). Zaznaczono pikselem obecności atraktora (a kolorem jego długości) w danej ini należącej do danego modułu., podobnie odnotowywano obecność i długość atraktora wzorca dla m,f oraz w. Spodziewając się obecności spektrum poziomów Derridy związanej z różną liczbą modułów, w których damage eksplodowało, zaznaczono na prawym boku rozkład częstości A na odcinku od $t=400$. Odcinek do $t=400$ został pominięty, gdyż jest to obszar większości eksplozji, które z natury przebiegają duży zakres A . Na rys.3 widać rozmaite zachowania, w tym wyraźne zwielokrotnienie poziomów równowagi Derridy wynikające z modularności. W niektórych przypadkach eksplozja damage obejmuje jedynie tak nieliczne moduły (o $N1=8$), że przypadki te pozostają poniżej progu. Jest to mechanizm tworzący pomost pomiędzy pikami lewym i prawym widoczny na rys.2, który odpowiada za wzrost stabilności. Nie jest to więc brak chaosu na poziomie 1, a ograniczenie go do niewielkiej liczby modułów, czyli brak chaosu na poziomie wyższym (2). Bogactwo możliwości oddziaływań międzymodułowych z uwagi na złożoność funkcji modułu jako nodu jest tak duże, że badanie prawidłowości tych oddziaływań zostało zaniechane i porzeczono na ogólnym stwierdzeniu skuteczności modularności, jako metody znaczącego podniesienia stabilności mimo parametrów systemu s , $K1$ i $K2$ plasujących system losowy jako chaotyczny. W systemie takim, jak widać na rys.2, występują jednocześnie zakresy damage zaliczane do chaotycznych i do uporządkowanych w podobnych częstościach. Pomiędzy tymi zakresami brak wyraźnej, naturalnej granicy, choć w badanych wariantach występują piki prawy (chaotyczny) i lewy (uporządkowany).

Tabela 3. Atraktory, liczba znalezionych o pojedynczym obrocie (1obr) lub o więcej niż jednym obrocie (2obr) oraz przypadków bez znalezionego atraktora (nie znal), w podziale na inicjacje akceptowane (akc), nieakceptowane (nieakc) według prog $\mu=60$ i wzorzec trajektorii systemu niezaburzonego. Dla inicjacji podano też średnią długość atraktora dla 1obr i 2obr oraz totalnie dla akc i nieakc, niezależnie od liczby obrotów atraktora. Tu w niektórych pozycjach z uwagi na brak przypadków średniej też brak. Wyniki te należy porównać z badaniami bez wymuszonej modulerności (oznaczonych jako (3) na rys.1 i 2 oraz w tab.2), np. m12.tab.2, gdzie dla sieci typu r nie znaleziono żadnego atraktora. Tu atraktorów jest wiele w wyniku modulerności, choć w bardziej skrajnych seriach (2) wyraźnie mniej, co sugeruje, że wzrost K2 lub N1 względem wersji (1) prowadzi do pobliskiej granicy, za którą zanika efekt wyraźnego podwyższenia stabilności w wyniku modulerności. Obecność atraktorów tłumaczy ten efekt widoczny na rys. 1 i 2, choć jak wynika z rys.3 nie jest to jedyny mechanizm.

		84r24a100 ini=40000			164r24a50 ini=20000			82r43a100 ini=120000			83r43a50 ini=60000		
		m1	f1	w1	m2	f2	w2	m1	f1	w1	m2	f2	w2
akc	nie znal	3737	2566	2858	3170	2201	1077	19678	15222	11927	9298	5794	4874
Atmx<60	1obr	631	189	1	21	70	0	218	933	0	0	0	0
	2obr	19792	19979	5468	1334	2029	141	8454	329	0	224	0	0
	śratr 1	12000,3	12204,3	6120,0	10508,6	10072,5		8455,7	3659,9				
	śratr 2	1175,6	884,5	565,4	3398,1	1446,4	1601,4	1878,6	2144,0		1142,7		
nieakc	nie znal	8343	6385	21992	12682	10555	17271	71661	96499	108073	49514	54166	55126
Atmx>=60	1obr	256	244	73	231	366	45	2361	3384	0	29	0	0
	2obr	7241	10637	9608	2562	4779	1466	17628	3633	0	935	40	0
	śratr 1	12291,3	11394,2	9450,8	10621,7	11179,5	11679,5	7225,8	3632,7		4661,0		
	śratr 2	1027,6	1040,4	689,0	1817,1	1572,2	1915,9	2014,8	2113,4		1794,8	1929,2	
tot	śratrtot	1483,8	1089,4	687,0	2859,9	2104,5	2155,0	2452,9	2909,9		1741,8	1929,2	
wzorzec	nie znal	29	24	62	40	31	46	78	95	100	49	50	50
	1obr	2	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
	2obr	69	76	38	10	18	4	22	2	0	1	0	0

3.3.3 Obserwacje krokodyli

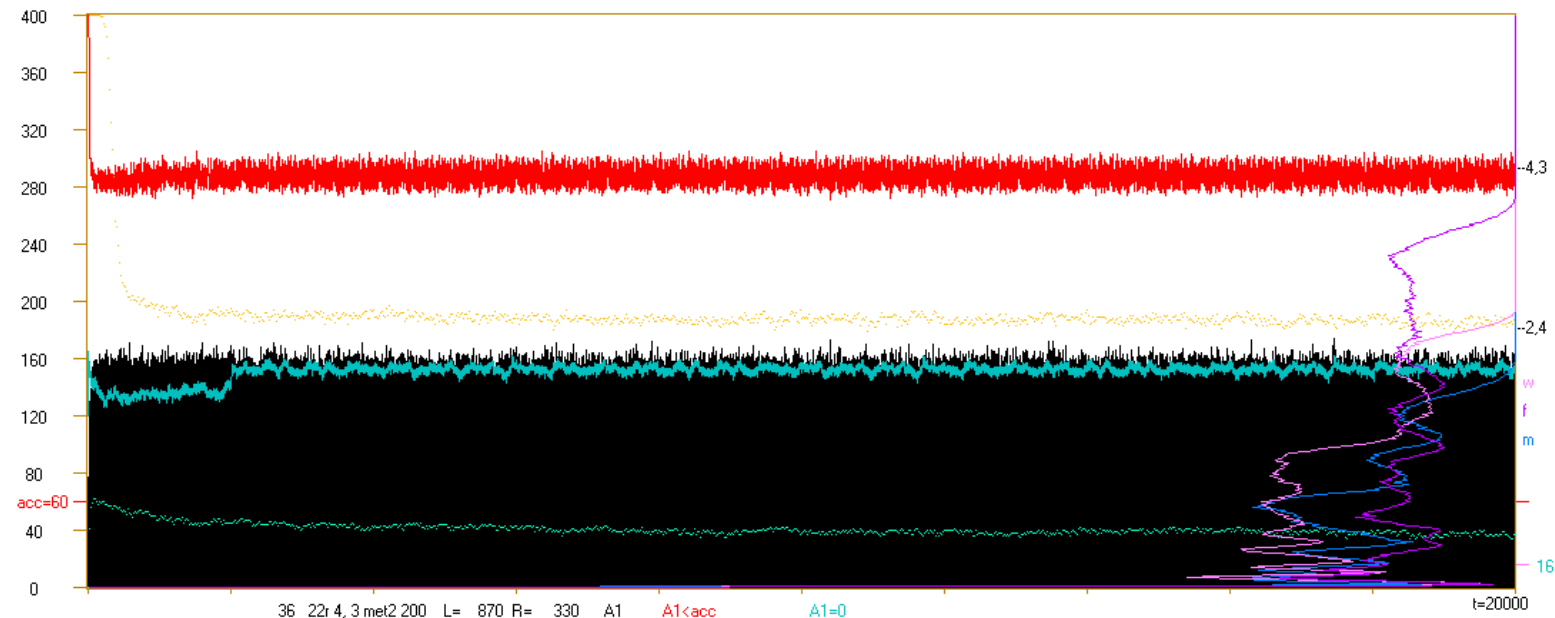


118%

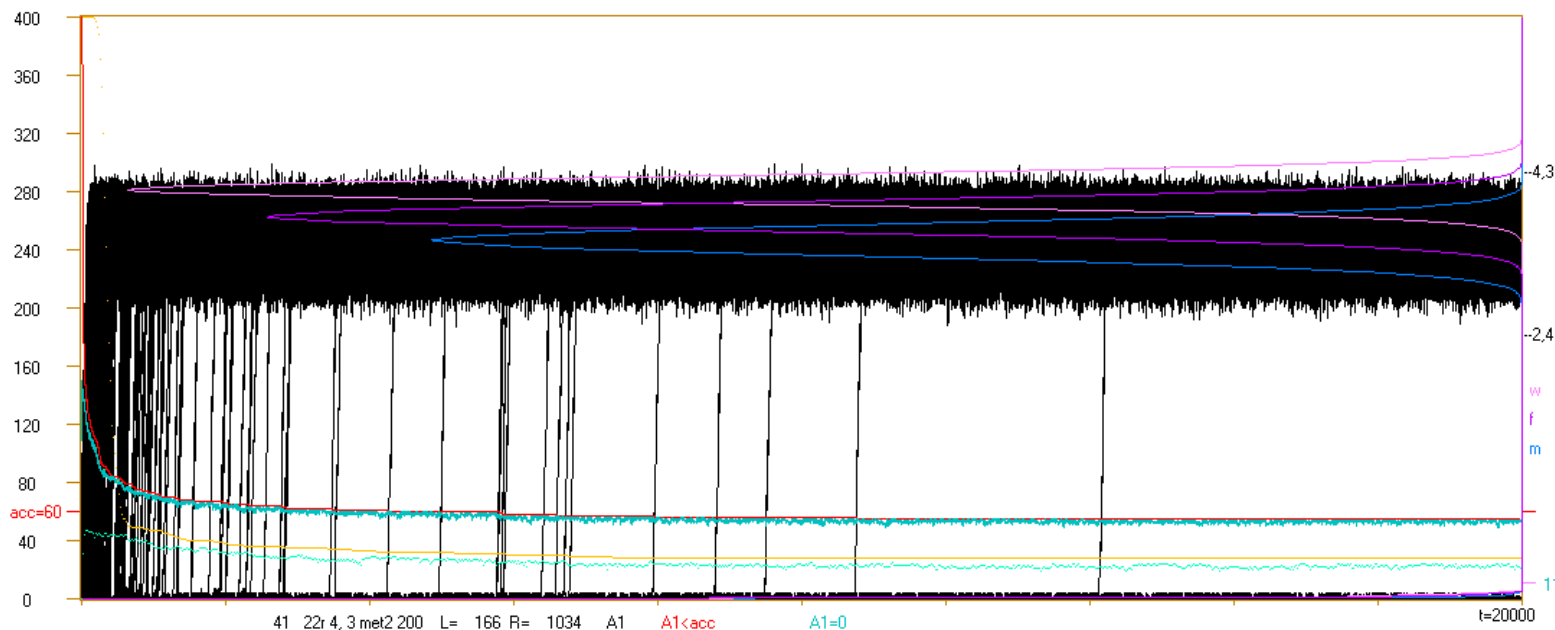
Rys.3. Przykład krokodyla z symulacji met3 82r43a100, tj. $N1=8$, $K2=2$, sieć1 (w modułach) typu r, $s=4$, $K1=3$ 100 agr., $N2=50$. Agr.nr 18. Badane formuły: m (met2 200), f (przesunięte funkcje jak w badaniach met2 200), w (dziki – bez korekt funkcji). Zaznaczono poziom progu (czerwony po obu stronach $acc=60$). Z prawej kolejno od dołu: $tmx=20000$; liczba nodów ślepych, tj. bez wyjść, $tu=15$; próg; kolory rozkładów $P(A)$ zbieranych od $t=400$ do tmx dla formuł m, f, w; teoretyczne poziomy równowagi Derridy dla $s, K= 2,4$ i $4,3$. Wyżej, w przypadku tego agregatu nieobecne, wielkości znalezionych atraktorów wzorców dla formuł m, f, w. Po środku u góry wklejone z innego miejsca: wykaz znalezionych atraktorów po inicjacjach dla formuł m, f, w. Kolor pikselu pokazuje wielkość atraktora w kolejności: 0-10-100-1000-10000- tmx . W poziomie dla 2 kolejnych modułów, w pionie po 2 kolejne moduły. Jak widać, mimo braku atraktorów wzorca, znaleziono tu wiele atraktorów podczas badania formuł m i f. Zestaw przebiegów $A(t)$ (czarne) oraz $L(t)$ (czerwony) i liczba $A=0$ dla t (niebieski) (linia dla każdego t) są dla formuły m. Dodatkowe $A(t)$ (żółty) i liczba $A=0$ dla t (jasnozielony) są dla formuły w (punkty średnich z 20 kolejnych t w kolejnych pikselach osi poziomej).

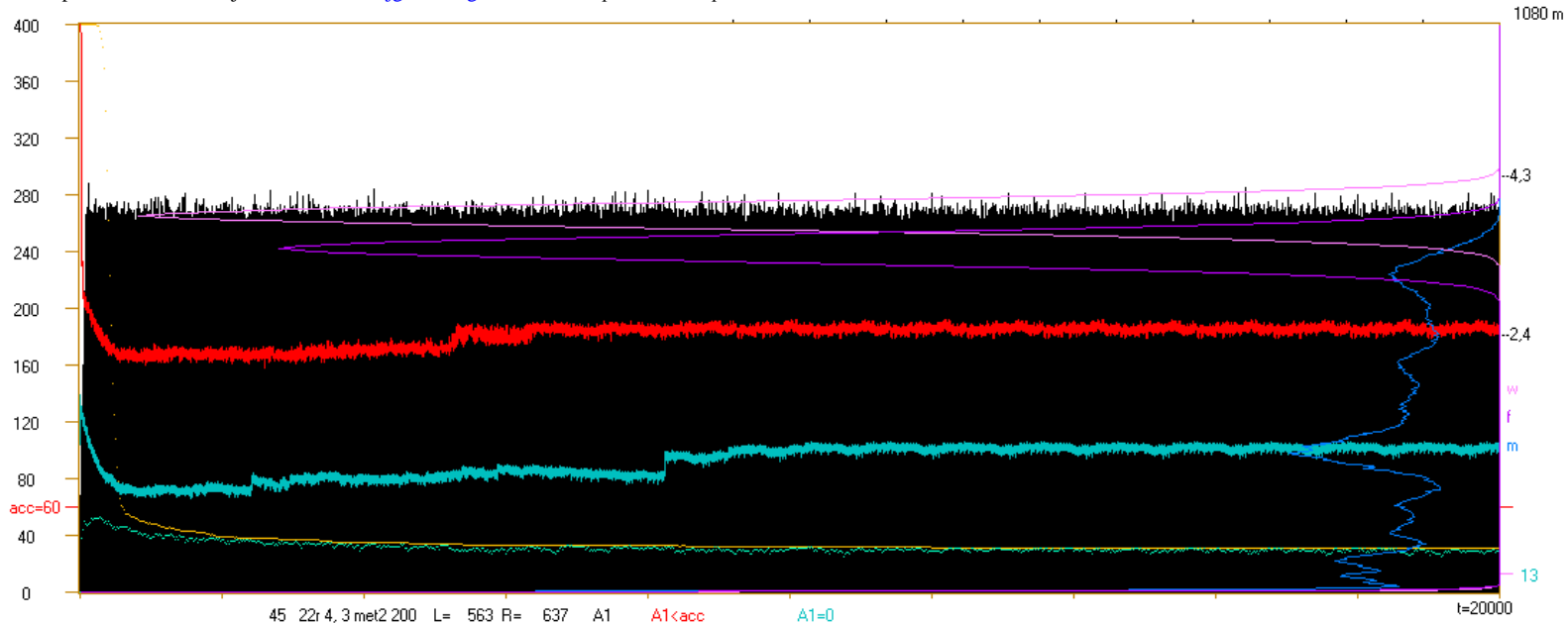
W tym przypadku należy zwrócić uwagę na brak eksplozji od t około 2000 do podstawowego poziomu Derridy, mimo braku atraktora wzorca, występują jednak atraktory po inicjacjach. Jak widać poziomy Derridy są przesunięte w dół. Późne eksplozje występują do około $t=11000$, ale nie osiągają całej sieci, tj. część modułów nie jest pobudzonych. Widać wiele mniejszych poziomów Derridy wynikających z rozlania się damage na mniejszą liczbę modułów. Ten obraz zwykle jest zamazany, tu obserwujemy jedynie nieliczne takie przebiegi, które nawet nie wniosły zauważalnego wkładu w rozkład $P(A)$ dla m (niebieski, na prawej ścianie). Podobne zjawiska w znacznie większym natężeniu są przyczyną wielu pików dla rozkładu $P(A)$ dla formuły f. Jak widać, najniższy z tych pików w dużej części leży poniżej progu, co jest przyczyną uzyskania $L=381$ (na możliwie 1200).

Przypadek sieci w której wszystkie 3 formuły mają silne ograniczenie damage do mniejszej liczby modułów. W tym przypadku brak atraktorów nie tylko dla wzorców, ale i po inicjacjach.

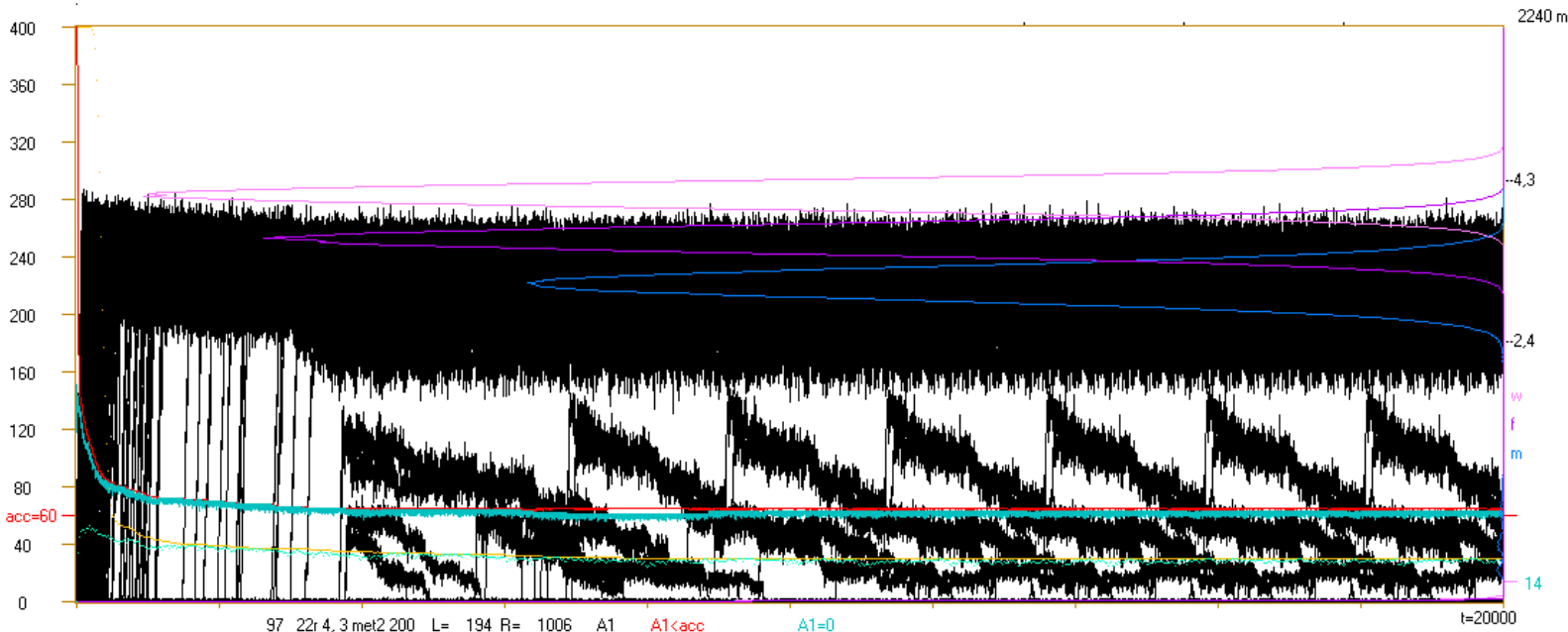


Normalny przypadek chaotyczny dla wszystkich 3 formuł – modularność praktycznie nic nie wniosła poza istotnym spowolnieniem opadania krzywej $L(t)$.



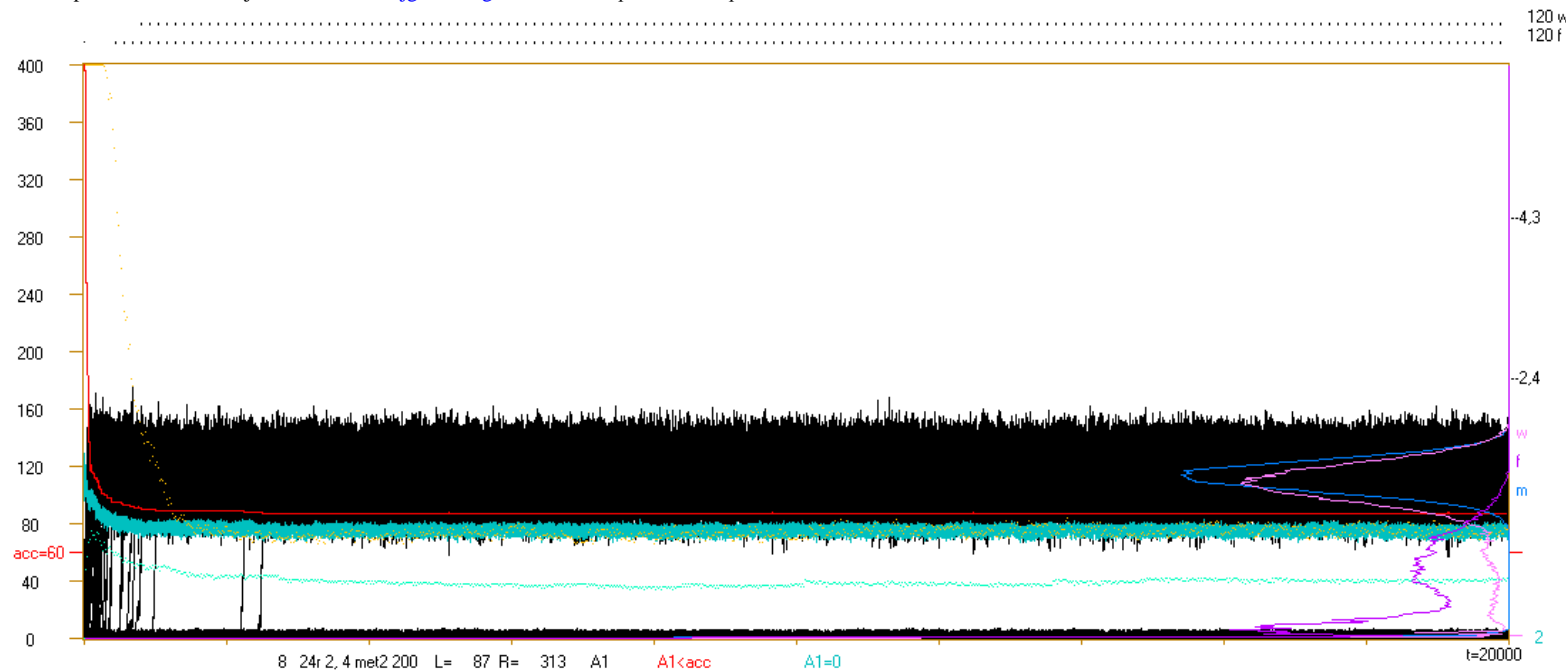


Wystąpił atraktor wzorca, ale w przebiegach $L(t)$ i $(A=0)(t)$ nie widać korelacji z wejściem w drugi obrót tego atraktora. Są natomiast wyraźne skoki wcześniej, co sugeruje wejście w atraktory w ramach pobudzonych modułów. Spora odległość tych krzywych wynika z obecności obsadzonych poziomów Derridy poniżej progu, na co wskazuje rozkład $P(A)$. Występuje tu charakterystyczne, często spotykane minimum ww.

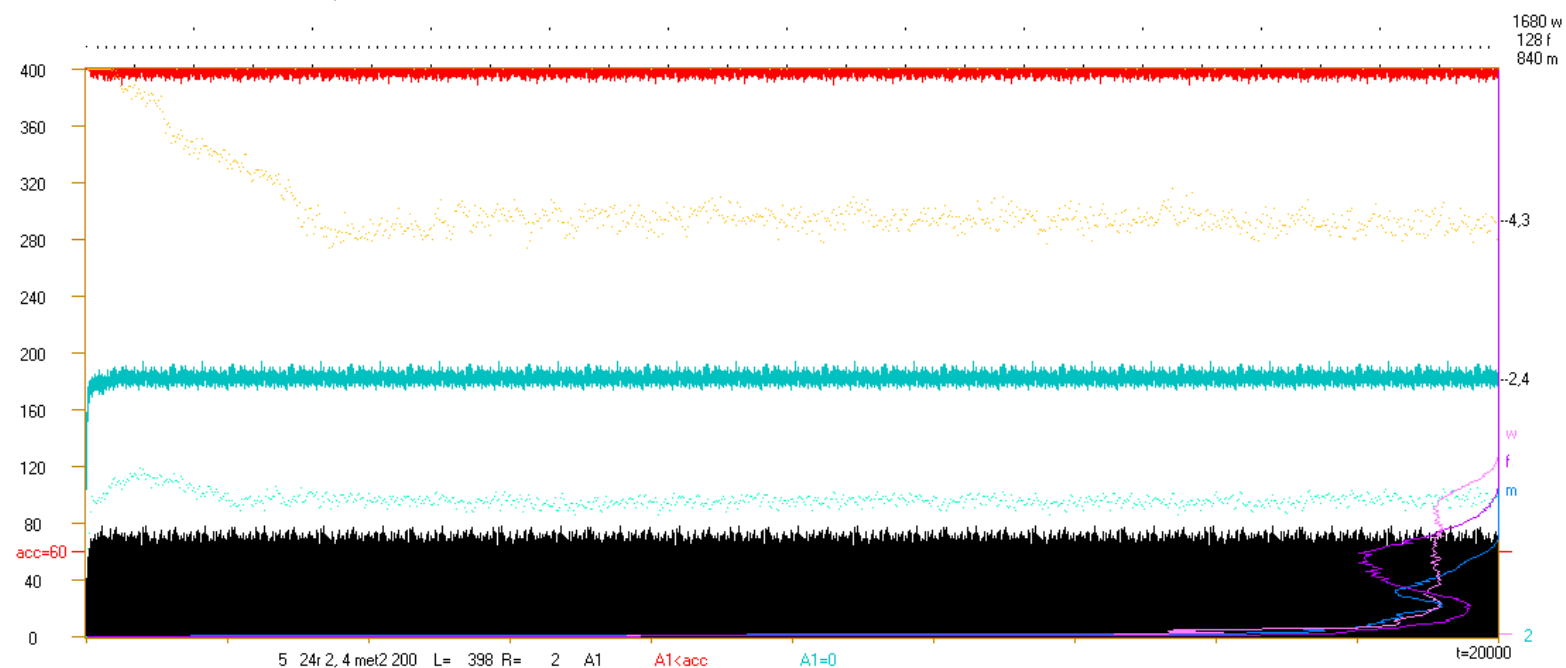


krzywych (szczególnie $L(t)$) na początku przebiegu i wzrost dalej, co tłumaczy minimum w sumarycznym przebiegu $q(t)$ na rys.1.

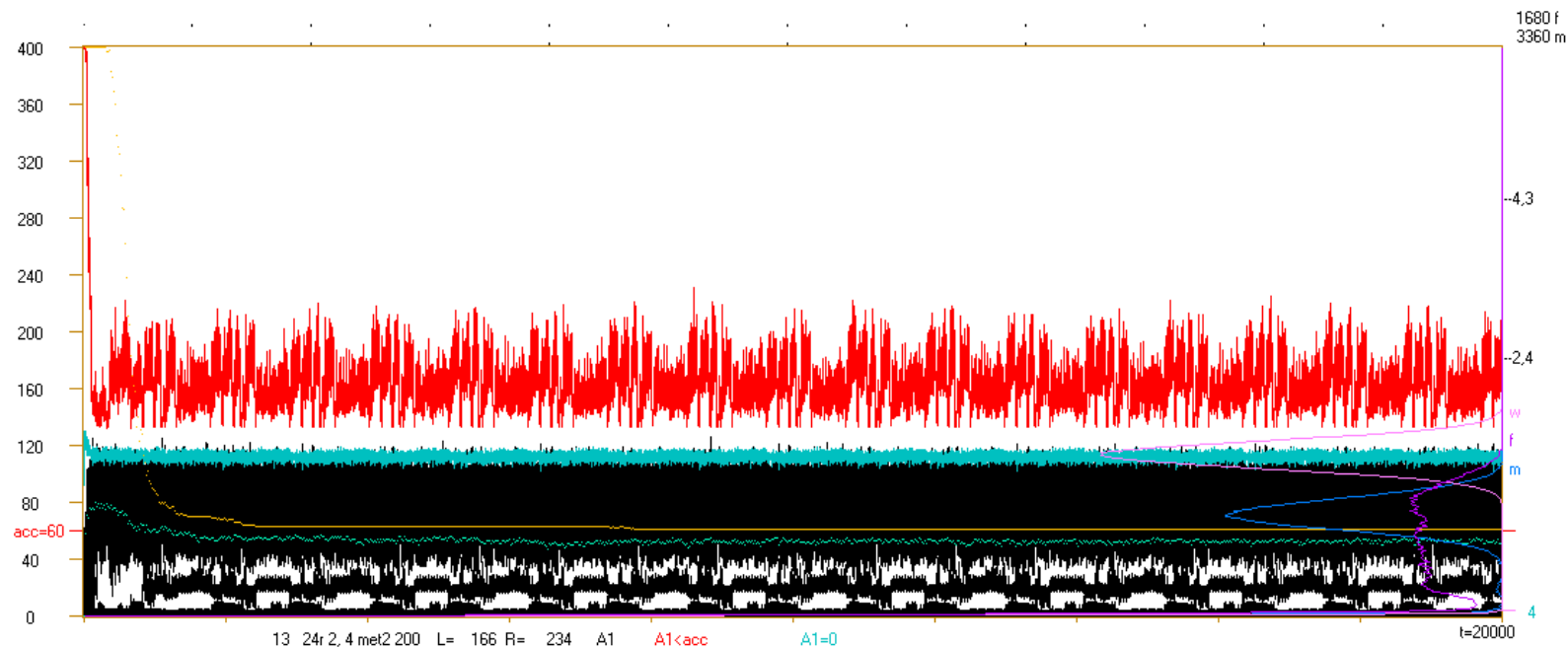
W tym przypadku widać powtarzalność przebiegów (choć niedokładną) znacznie przed pojawieniem się atraktora wzorca, co sugeruje wystąpienie atraktora w modułach, jednak nieco zmienione z czasem.



Rozpoczynamy przegląd serii 84r24a100 gdzie $N1=8$, $K1=K2=4$, $s=2$. Tu także globalne poziomy Derridy są wyraźnie obniżone. W tym przypadku brak atraktora wzorca dla formuły m, jednak od około $t=2500$ brak eksplozji a $L=87$ (na możliwe 400) przy asymptocie chaotycznej $=2$. Silnie podwyższone L nie wynika tu z poziomów Derridy dla modułów pod progiem. Nie jest to więc przypadek chaotyczny, choć nawet po inicjacjach nie znaleziono atraktora.



Tu jest sytuacja odwrotna – wszystkie osiągnięte poziomy Derridy są pod progiem, ale raczej damage nie osiąga na raz wszystkich modułów.



Tutaj przyjęty próg zawiera pod sobą znaczną część piku prawego, który jednak ma zwykły klasyczny kształt sugerujący, że dla tej sieci po prostu leży on niżej. Widoczne poniżej dodatkowe poziomy Derridy mają tu małe dodatkowe pik na P(A).

3.4 Wnioski.

Jak widać z przykładowych krokodyli na rys.3, struktura modularna oferuje bogactwo zjawisk z trudem poddających się ogólnym statystycznym podsumowaniom. Ewolucja ma w czym wybierać. Złożenie struktury modularnej (met3) z met2 daje silne efekty wzrostu stabilności, czego nie widać w obu tych metodach osobno.

4 Atraktor punktowy – met4

4.1 Wstęp

4.1.1 Zadania ogólne

Podstawowym zadaniem dla całego programu badań jest zdobycie silniejszych niż jedynie interpretacyjne podstaw dla algorytmu reversed annealed, którego jednym z głównych założeń jest umieszczenie życia w obszarze, gdzie system losowy jest chaotyczny. Obiekty żywe nie są jednak losowe, są wynikiem darwinowskiej selekcji naturalnej, której kryterium selekcyjne dotyczy stabilności. W sieciach modelujących obiekty żywe oczekują więc dwóch pików na rozkładzie wielkości damage – piku prawego związanego z poziomem równowagi chaotycznej Derridy i piku lewego małych damage związanego z podwyższoną stabilnością wynikającą z ewolucji darwinowskiej. To oferuje algorytm reversed annealed, ale jest to sprzeczne z ogólnie przyjętą tezą, że życie jest na granicy porządku i chaosu (w systemach losowych). Niniejsze badania mają pokazać, że teza ta wynika ze zbyt uproszczonego modelu i głębsze badania potwierdzają założenia przyjęte w algorytmie r-a, że życie ewoluuje w obszarze ogólnie chaotycznym, jednak w jego ramach w podobszarach o silnie podwyższonej stabilności, oraz, że takie podobszary istnieją i nadają się do tego celu.

4.1.2 Przesłanki z wcześniejszych badań met1 i 2 oraz met3

Początkowe przesłanki interpretacyjne sugerowały, że podwyższona stabilność obiektów żywych wynika głównie z nagromadzenia ujemnych sprzężeń zwrotnych tworzących mechanizmy homeostazy. Ich regulacyjna rola polega na wygaszaniu damage, więc w pierwszych metodach 1 i 2 uzyskania podobszaru systemu chaotycznego o podwyższonej stabilności było badane wygaszanie damage. Metoda 2 (met2) dała spodziewane efekty, ale jedynie dla sieci scale-free (f) dla parametrów $s, K=2,4$, natomiast inne typy sieci 2,4 jak s (single-scale) i r (Erdos-Renyj) już nie sięgnęły tego obszaru, tak jak wszystkie sieci 4,3. Szerokie badania mechanizmów tych zjawisk wskazały na podstawową rolę długości atraktorów i prędkości wejścia w atraktor. Zmiana ewolucyjna, to zmiana permanentna. Zwykle jest ona mała, więc była modelowana jako zmiana punktowa (zmiana funkcji dla jednego stanu wejściowego). Po inicjacji zmiana taka może wygasnąć, gdyż następne stany wejściowe zmodyfikowanego nodu są zwykle inne i nod działa jak wcześniej. Jednak stan wejściowy, dla którego funkcja została zmieniona pojawi się co pewien czas i wtedy następuje wtórna inicjacja damage, która także może wygasnąć, ale zwykle są to inne okoliczności. Wygaśnięcie wszystkich inicjacji jest więc mało prawdopodobne, gdyż jest to potęga wielkości istotnie mniejszej od jedności. Niech g to prawdopodobieństwo wygaśnięcia zmiany chwilowej, wtedy prawdopodobieństwo wygaśnięcia wszystkich n inicjacji jest g^n , gdzie n związane jest z długością u dojścia do atraktora i jego pierwszego obrotu ($n = u/s^K$). Drugi obrót traktora powtarza sytuację poprzednią i jeżeli dotąd wszystkie wygasły, to już nie eksplodują.

Pierwsza próba uzyskania istotnie krótszych atraktorów poprzez modularność nie powiodła się gdyż zakładano zbyt wysokie dolne ograniczenie na wielkość modułu, co pokazały próby późniejsze w ramach met3 – badania stabilności. Podjęto więc próbę sprawdzenia, co da radykalne skrócenie atraktora. Model o atraktorze punktowym ma dość dobre podstawy interpretacyjne, więc jego dotyczy met4 – temat niniejszego raportu. W aspekcie modularności próba ta zmieniła oczekiwania przenosząc uwagę z typowych modułów związanych z gęstością połączeń na moduły w wymiarze funkcjonowania - krótkie pętle i ich niezależność, co nie wymaga klasycznych modułów.

4.1.3 Podstawy interpretacyjne

Atraktor punktowy to stan całkowitego zamrożenia systemu, a radykalna przewaga lodu to podstawowa cecha fazy stałej i ciekłej w opisie Kauffmana obszaru uporządkowanego w przestrzeni parametrów systemu losowego. Teraz w tej przestrzeni badany system znajduje się w obszarze chaosu, ale rozpatrujemy więcej dobieranych a nie losowych parametrów opisujących system dokładając stany i funkcje i w takiej przestrzeni z rozszerzonym poszukiwaniem znajdujemy obszar specyficzny, podobny we własnościach do obszaru stałego, czyli uporządkowanego.

Interesują nas zmiany ewolucyjne i ich akceptacja przez dobór naturalny, dla którego jako kryterium jest tu wielkość zmiany wynikowej. Pomiędzy takimi zmianami obiekt w naszej perspektywie trwa, nie ulega zmianom, funkcjonuje w jednakowy sposób w stałym statystycznie środowisku. Na pewnym makroskopowym poziomie nic się nie zmienia. Zależności które opisują to trwanie i funkcjonowanie nie zmieniają się, dopiero zmieni je zmiana ewolucyjna. Na niższych poziomach organizacji obserwujemy dość krótkie cykle, dość niezależne co do swoich faz jak np. oddychanie i rytm serca, cykle dobowe a nawet pokoleniowe.

Podając podstawy intuicyjno-interpretacyjne algorytmu r-a, już w [dgec, bics, fgec] wskazywany był przypadek otwartej sieci bez sprzężeń zwrotnych, gdzie każdy nod miał na wyjściu stan jaki daje jego funkcja dla aktualnego stanu wejść. W takiej sieci kolejne kroki czasowe nic nie zmieniają, co odpowiada atraktorowi punktowemu.

W [it] interpretacja została omówiona szerzej – jest to model systemu działającego stabilnie w dłuższym przedziale czasowym. Teraz nie ograniczamy się do otwartego

systemu bez sprzężeń zwrotnych, badamy system autonomiczny ze sprzężeniami, gdyż z badań takiego systemu wysnuto wniosek o miejscu dla życia na granicy chaosu. Zakładamy jako stan sytemu poddawany zmianom ewolucyjnym stan atraktora punktowego, jako model systemu działającego stabilnie w długim przedziale czasu. Metody 1 i 2 zakładały zmianę systemu losowego w określonym kierunku i sprawdzenie, czy te zmiany wprowadzą system w obszar, w którym stabilność jest silnie podwyższona. Od razu jednak sygnalizowane było niepewne, upraszczające założenie, że obszar gdzie znajdują się złożone obiekty żywe jest dostatecznie łatwo osiągalny z systemu losowego, w praktyce bowiem zmiany ewolucyjne zachodzą z pozycji już obecnych w tym poszukiwanym obszarze. We wnioskach z tych badań założenie o tej osiągalności było wskazywane jako prawdopodobne źródło niepowodzenia metody. Teraz więc pozbywamy się tego założenia i startujemy z pozycji specyficznej, od razu wskazując tą specyfikę – skrajnie krótki atraktor.

4.2 Badane modele

Zbudowanie stanu atraktora punktowego dla sieci o losowej, zadanej strukturze nie jest trudne. Wystarczy po wylosowaniu stanów w założyc, że funkcje dają aktualny stan dla aktualnych wejść. Wygodniej jednak założyc, że stany występujące w atraktorze punktowym nazywamy '0', wtedy wszystkie funkcje mają $f(0)=0$. Pozostałe stany wejściowe dają dowolne wartości funkcji, a udział '0' można wyrównać, czyli zapewnić, że każda wartość funkcji ma statystycznie jednakowy udział. Obie metody są równoważne, co sprawdzono. Specyficzną postać z atraktorem punktowym nazwałem Point Attractor System (PAS), a jego opis z 0 jako stanem każdego nodu: PAS0. W badaniach użyto postaci PAS0.

4.2.1 Modele bez regulacji: c dla 4,3 $f(0,0,0)=0$, i d dla 2,4 $f(0,0,0)=0$.

Taki model nazwano c dla s,K=4,3, i d dla 2,4. Nie modeluje on żadnej regulacji.

4.2.2 Model z minimalną regulacją b dla 4,3 $f(0,0,0)=f(0,0,1)=f(0,1,0)=f(1,0,0)=0$

W toku badań nie od razu ograniczono się do samego skrajnie krótkiego atraktora, początkowo nadal przykładano główną uwagę do aspektu regulacji. To powoduje odwrotną kolejność nazw badanych modeli. Dla 2,4 nie ma możliwości wprowadzenia sensownej regulacji, ale jest dla 4,3 i to wykonano. Model z minimalną regulacją nazwano b. Dla wartości sygnału 1 przyjęto interpretację: wychylony od stanu właściwego (0), ale jeszcze w ramach homeostazy. Konsekwencją było przyjęcie dla jednego z 3 (s,K=4,3) sygnałów wejściowych =1, a reszty =0, że wartość funkcji jest 0. Ogólne założenie obecne już w modelu c ($f(0,0,0)=0$) uzupełniono więc przez $f(0,0,1)=f(0,1,0)=f(1,0,0)=0$.

4.2.3 Model a z silną regulacją dla 4,3

Początkowo zbudowano jednak dla 4,3 model a o silnej regulacji. Oczywiście, tu też $f(0,0,0)=0$, ale dalej opis jest bardziej złożony.

Tu jest kierunek odchylenia w ramach homeostazy: sygnał=1 – kierunek dodatni, =3 – kierunek ujemny. Wychylenie jednego z 3 sygnałów wejściowych daje 0.

Czyli $f(0,0,1)=f(0,1,0)=f(1,0,0)=f(0,0,3)=f(0,3,0)=f(3,0,0)=0$.

Funkcja także jest =0, gdy 2 sygnały są wychylone w przeciwnych kierunkach, a trzeci jest 0, czyli dla każdej kombinacji 0,1,3.

Gdy 2 sygnały są wychylone w tym samym kierunku a trzeci jest 0, lub 3 sygnały są wychylone ale nie są jednakowe, to wynik funkcji jest wychylony, czyli =1 lub 3.

Gdy 3 sygnały są wychylone i jednakowe, lub przynajmniej jeden =2, to wynik w funkcji bazowej jest 2, ale taki wynik dla konkretnego nodu jest konwertowany na wartość losową tak, by udziały każdej wartości wyniku funkcji były statystycznie jednakowe. Bazową funkcję do konwersji wartości 2 na losowe pokazuje tabela 1, gdzie górny wiersz zawiera: pierwszy sygnał wejściowy, 3 sygnały wejściowe z drugiego wejścia, a kolumna pierwsza pod sygnałem z wejścia 1 ma sygnały z wejścia 3.

Zamiana tabeli dla wartości 1 i 3 wejściowego sygnału 1 wynika z założonej zmiany interpretacji kierunku wychylenia, co ma odpowiedniki w realnych sytuacjach.

Tabela 1. Bazowa funkcja dla modelu a.

0 0 1 2 3	3 0 1 2 3	2 0 1 2 3	1 0 1 2 3
0 0 0 2 0	0 0 1 2 0	0 2 2 2 2	0 0 0 2 3
1 0 1 2 0	1 1 2 2 1	1 2 2 2 2	1 0 1 2 3
2 2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2 2 2	2 2 2 2 2
3 0 0 2 3	3 0 1 2 3	3 2 2 2 2	3 3 3 2 2

Jak widać, formuła a modeluje silną reakcję regulacyjną o charakterze ujemnego sprzężenia zwrotnego z możliwością wyjścia w obszar losowy poza zakres homeostazy.

4.2.4 Przeprowadzone symulacje

Wykonano po 3 serie symulacji każdego z 4 modeli (a,b,c,d) dla sieci f oraz r tak, by zawsze liczba inicjacji wynosiła 48000 w serii. Różniące parametry serii to $N=400$, $tmx=200$; $N=400$, $tmx=2000$; $N=4000$, $tmx=200$. Taki dobór parametrów pozwalał stwierdzić co daje zwiększenie N i tmx osobno. Modele a,b,c,d różnią się zakresem sensownych zmian wartości funkcji podczas inicjacji. Oczywiście w modelu d sygnał jednobitowy może przyjąć tylko jedną inną wartość i z założenia musi to być 1. Dla $s=4$ ogólnie są to 3 inne wartości, z założenia met4 nie jest to 0, ale dla modelu a wartości 1 i 3, a dla modelu b wartość 1, są z góry skazane na wygaśnięcie. Trudno interpretować takie zmiany jako przypadkowe, są one bowiem przewidziane w dobranych mechanizmach regulacyjnych. Dla modelu a pozostaje więc tylko jedna wartość 2, a dla b tylko 2 wartości: 2 i 3, które są zmianami bez przewidzianych efektów. Tylko model c może wykorzystać wszystkie 3 pozostałe wartości. Przyjęto więc, że dla $N=4000$ i jednej możliwości losowej inicjacji na nod (a,d) badane będzie 12 agregatów. To dało 48000 inicjacji, oraz zdefiniowało, że w przypadku modelu b agregatów jest 6, a modelu c – 4. Dla serii z $N=400$ agregatów jest 10 razy więcej. Takie założenia dały, co prawda, jednakową liczbę inicjacji, oraz podobny czas obliczeń, ale dla $N=4000$ wpływ specyfiki struktur wylosowanych kilku agregatów mógł być duży. Seria $N=4000$ ma jednak głównie charakter rozpoznania wpływu zwiększenia N i do tego celu statystyki okazały się wystarczające, a podstawowe wnioski dają serie $tmx=2000$ i 200 , $N=400$, gdzie to zagrożenie już nie występuje. W wyniku wstępnych badań stwierdzono też konieczność przesunięcia progu zaliczania do piku lewego, który (z dotychczasowego 60) ustalono dla $N=400$ na 100, a dla $N=4000$ na 300 na podstawie końca zanikania piku lewego. W dalszej analizie okazało się, że wartość progu 300 jest dla modelu a, szczególnie sieci f jeszcze zbyt mała i powinna to być wartość 800, co zastosowano. Przesuwanie progu dla pozostałych modeli okazało się zbędne.

4.3 Podstawowe wyniki

Wskazany został odpowiedni dla ewolucji biologicznej obszar systemów o parametrach s, K chaotycznych dla systemów losowych. W obszarze tym występuje chaos i uporządkowanie jednocześnie.

4.3.1 Dobrze rozdzielone i podobnej wielkości 2 piki – uporządkowanych i chaotycznych przypadków w rozkładzie wielkości damage

Podstawowym wynikiem jest uzyskanie dla wszystkich czterech modeli poszukiwanego stanu rozkładu wielkości damage (rys.1 i 2) o dwóch silnych pikach (tab.2): lewym - bardzo małych damage i prawym - dużych damage zgodnych z równowagą Derridy dla przypadków chaotycznych, oraz z obszarem pomiędzy pikami praktycznie bez zliczeń.

Jedynie **model a dla sieci typu f okazał się nazbyt skuteczny**, tj. regulacja okazała się bardzo silna, i prawy pik jest tam w zaniku, ale jest. Ten sam model dla sieci r daje już normalny obraz prawego piku takiej wielkości jak model b – z minimalną regulacją dla sieci f. Podobnie więc jak w badaniach met1 i 2, sieć f okazuje znacznie bardziej stabilna niż r, a różnica ta jest podobna do różnicy modeli a i b.

Dla $tmx=2000$ liczonych dla tych samych agregatów co dla $tmx=200$, wyniki w tabeli (rys.1) piku lewego różnią się jedynie dla af o 140 (43410-43270) i df o 2 (31019-31017). Oznacza to, że **pik lewy praktycznie nie maleje ze wzrostem tmx** , a zaobserwowane różnice wynikają głównie z rozmycia w odcinku pomiędzy pikami. Złożoną naturę tego rozmycia pokazały dopiero wykresy $A(t)$ nazwane krokodylami (rys.3 i 4). Powstały one podczas badań met4 jako narzędzie do uruchamiania i kontroli programu do symulacji, jednak okazały się niezastąpionym źródłem informacji o złożonych aspektach badanych zjawisk. Przede wszystkim, unaocznily początkowy okres wybuchu i późniejszy spokojny okres ustabilizowanego podziału na przypadki uporządkowane i chaotyczne związane z oboma pikami (rys.3, od którego wzięła się nazwa tego typu zobrazowania).

Wpływ zwiększenia N do 4000 przedstawia rys.2. W porównaniu z $N=400$ (rys.1) piki są względnie węższe, a odcinek pomiędzy pikami jest bardziej pusty. Oczekiwany, poszukiwany i właśnie **znaleziony efekt zwiększa wyrazistość wraz ze wzrostem sieci, czyli symulowane sieci nie są zbyt małe**.

Oba piki występują jednocześnie w każdej pojedynczej sieci. Są to więc sieci jednocześnie chaotyczne i uporządkowane. W chwili inicjacji punktową zmianą permanentną nie wiemy (deterministyczna sieć 'wie'), czy lawina damage wybuchnie do stanu równowagi chaotycznej Derridy, czy zatrzyma się na bardzo małym poziomie w formie oscylacyjnej czy atraktora punktowego. Trwałe wygaśnięcie zmiany permanentnej jest tu niemożliwe, po wygaśnięciu natychmiast następuje wtórna inicjacja co prowadzi do trwałych oscylacji w krótkich pętłach.

Tabela 2. Podział skutków inicjacji punktową zmianą permanentną na eksplozje (chaotyczne) i uporządkowane (saved), w oparciu o próg A3. (A3 to średnia A1 z ostatniego odcinka, patrz rozdz. 4.5 Ważniejsze problemy symulacji. Na rys.1 i 2 podobne dane w oparciu o A1 **różnią się minimalnie**). Następnie podział ‘saved’ na różne warianty: PAS, wygasanie do A1=0 (fade) i inne (other). Są to wyniki badań damage w modelach met4 a,b,c,d dla sieci f i r (sieci w stanie atraktora punktowego (PAS) o różnym stopniu regulacji, a,b,c: s,K=4,3; d: 2,4). Oprócz podstawowych wyników w postaci procentów podane są także w postaci liczby zliczeń, gdyż wskazuje to z grubsza dokładności wyniku. W każdym modelu badano jednakową liczbę inicjacji =48000 dla tmx=200. Dla wskazania wpływu zwiększenia N sieci, podane są wyniki dla N=400 i 4000. Najważniejsze wyniki zaznaczone są innym kolorem: Są to: udziały przypadków akceptowalnych (q, tj. pod progiem A3 =100 dla N=400 i 800 dla N=4000, patrz rys.1 i 2), oraz udziały PAS w akceptowalnych. **Wyniki te wskazują podobszar ‘liquid’ systemów chaotycznych nadający się dla ewolucji biologicznej.**

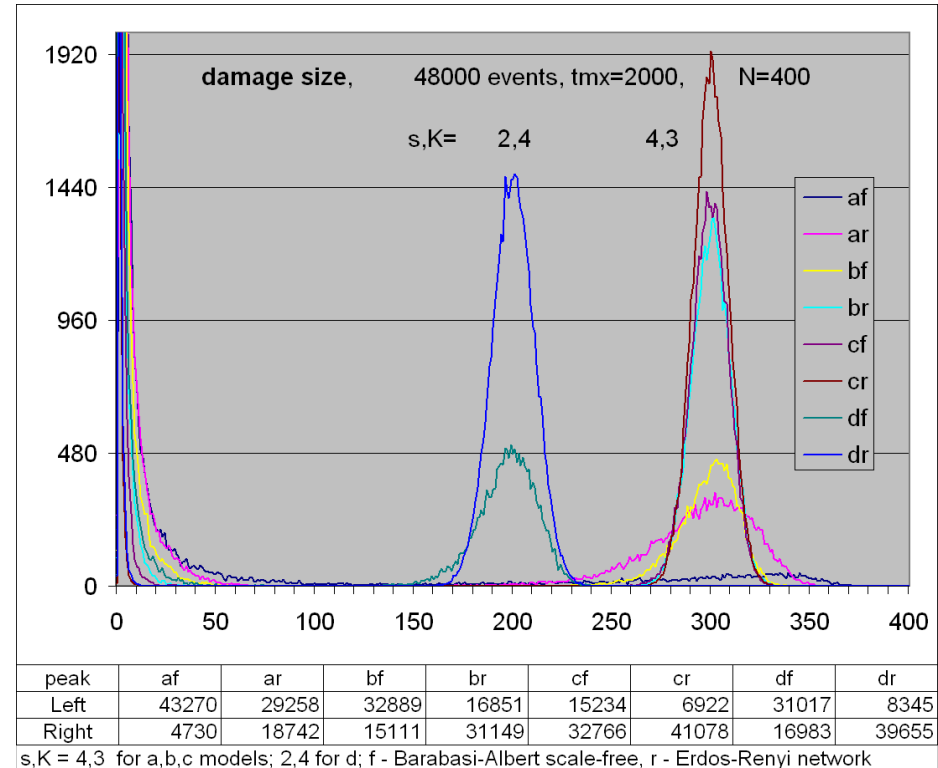
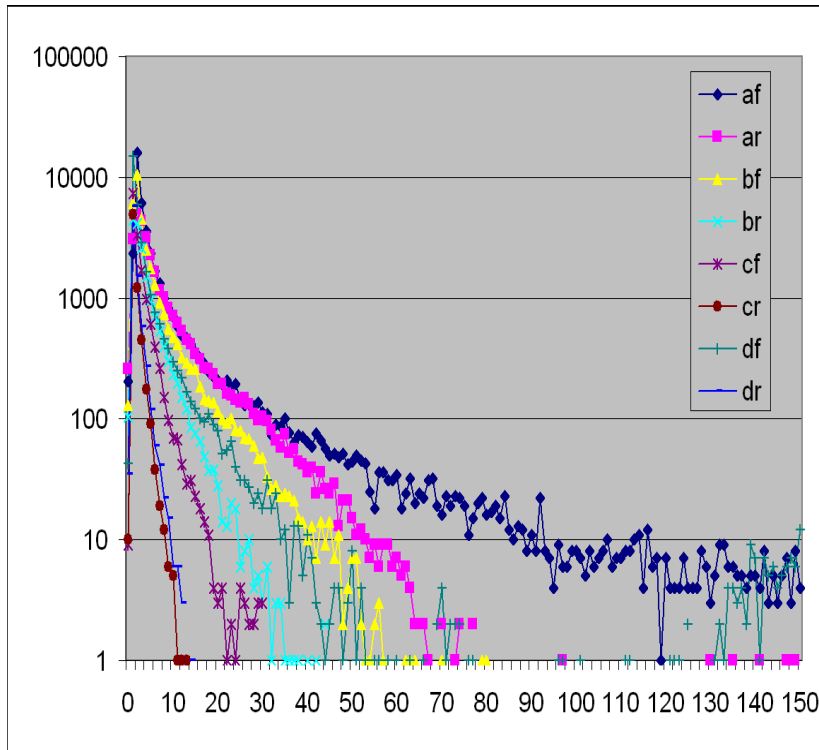
4753	18741	15111	31149	32766	41078	16983	39655	expl A3	tot ini=48000
43247	29259	32889	16851	15234	6922	31017	8345	saved A3	tmx = 200
39847	26597	31806	16293	15147	6884	30323	8266	pas	N = 400
353	430	191	180	18	13	53	39	fade	
3047	2232	892	378	69	25	641	40	other	
9,90	39,04	31,48	64,89	68,26	85,58	35,38	82,61	c = expl A3	% ini
90,10	60,96	68,52	35,11	31,74	14,42	64,62	17,39	q = saved A3	% ini
92,14	90,90	96,71	96,69	99,43	99,45	97,76	99,05	pas	%saved
0,82	1,47	0,58	1,07	0,12	0,19	0,17	0,47	fade	%saved
7,05	7,63	2,71	2,24	0,45	0,36	2,07	0,48	other	%saved
af	ar	bf	br	cf	cr	df	dr		
3373	17902	13965	30610	32805	41106	17170	39788	expl A3	tot ini=48000
44627	30098	34035	17390	15195	6894	30830	8212	saved A3	tmx = 200
43727	29655	33826	17321	15187	6891	30785	8207	pas	N = 4000
52	46	27	18	0	1	8	5	fade	
848	397	182	51	8	2	37	0	other	
7,03	37,30	29,09	63,77	68,34	85,64	35,77	82,89	expl A3	% ini
92,97	62,70	70,91	36,23	31,66	14,36	64,23	17,11	saved A3	% ini
97,98	98,53	99,39	99,60	99,95	99,96	99,85	99,94	pas	%saved
0,12	0,15	0,08	0,10	0,00	0,01	0,03	0,06	fade	%saved
1,90	1,32	0,53	0,29	0,05	0,03	0,12	0,00	other	%saved

4.3.2 Udział PAS w przypadkach nie przekraczających progę, badanie wtórnych inicjacji

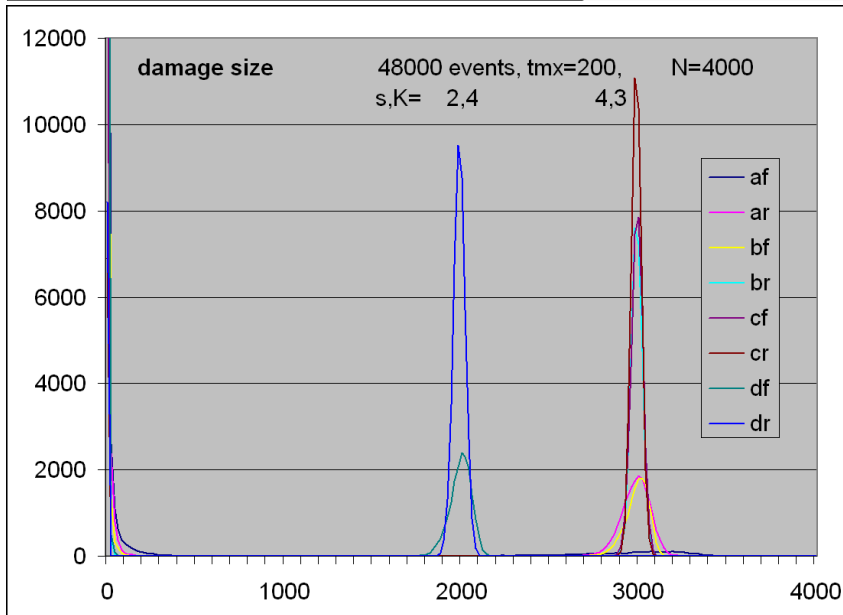
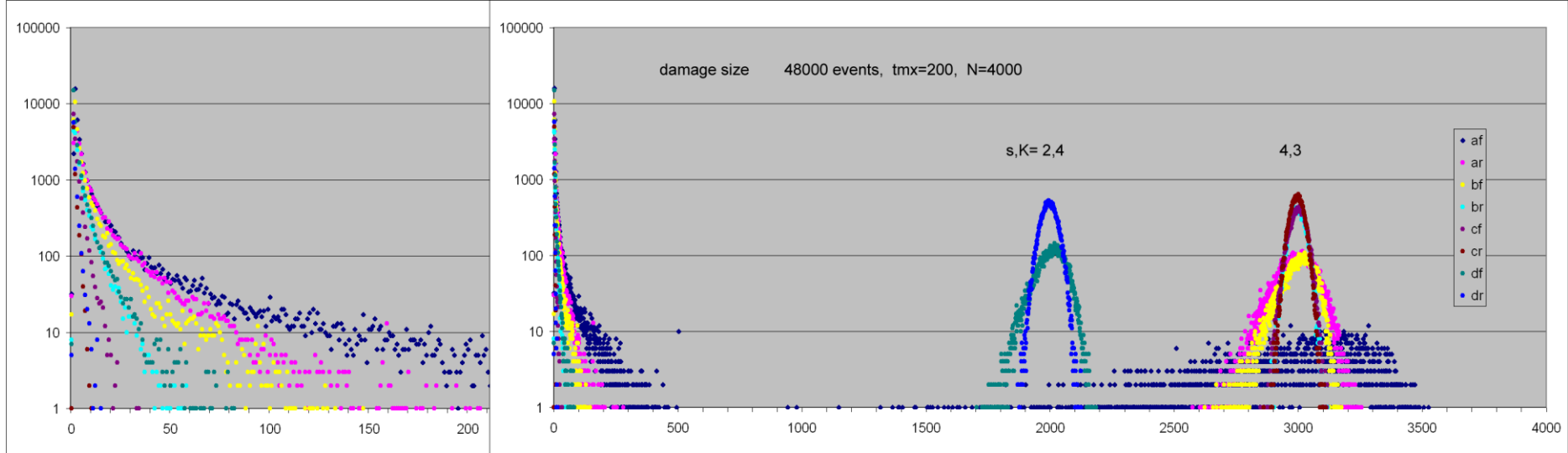
Początkowe wyobrażenia dotyczące zdarzeń uporządkowanych w zasadzie ograniczały się do oczekiwania pełnego wygaśnięcia damage do A1=0. Spadek q ze wzrostem tmx w badaniach met1 i 2 zwrócił uwagę na rolę wtórnych inicjacji, które poddane zostały dokładniejszym badaniom. Podstawowym wnioskiem była rola długości dojścia do początku drugiego obrotu atraktora, a stąd met3 i obecna met4.

W met4 wszystkie inicjacje startują z PAS0 i po wygaśnięciu damage do A1=0, już w następnym kroku rozpoczyna się powtarzanie całego przebiegu poprzedniej, pierwotnej inicjacji aż do wygaśnięcia, a dalej tak w nieskończoność. Wtórne inicjacje nie są więc w met4 interesujące, ale rozbudowany wcześniej aparat śledzenia, skorygowany do nowych okoliczności, dał ciekawe wyniki. Przedstawia je tabela.2. Przedstawiam w niej podstawową informację podwójnie, także w postaci liczby zliczeń, gdyż daje to pojęcie o dokładności wyniku na pierwszy rzut oka. Wszystkie inicjacje, których dla każdej kolumny jest 48000, dają w wyniku albo eksplozję, o której decyduje przejście ponad próg parametru A3, albo pozostają „saved”, czyli zaliczane są do przypadków uporządkowanych. Na saved składają się 3 możliwości: PAS – atraktor punktowy (nie może to być PAS0), wygaśnięcie do A1=0 (fade), oraz to, co jest saved, ale nie PAS ani fade, czyli other.

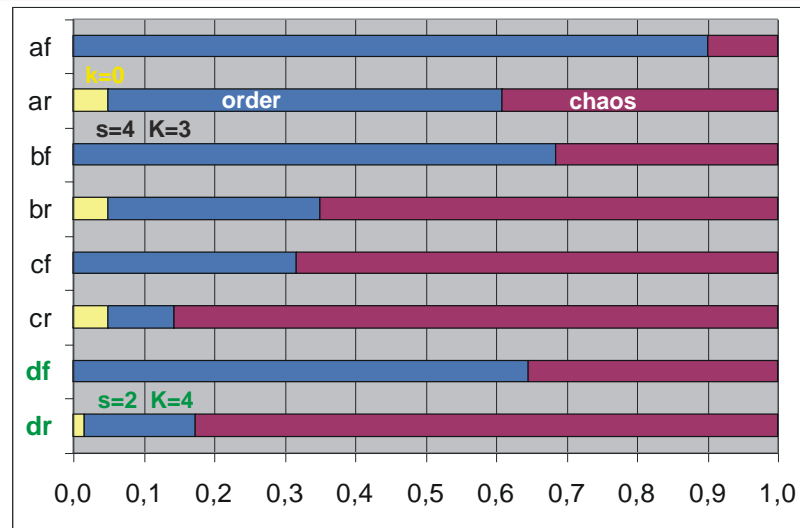
Saved osiąga 93% dla skrajnego modelu af, ale aż w połowie modeli przekracza 60% wszystkich inicjacji, i nie spada poniżej 14% (cr). Najciekawszym wynikiem prezentowanym w tej tabeli 2 jest udział PAS w saved, który dla N=400 nie spada poniżej 90% dla modelu a, a w pozostałych waha się pomiędzy 96.7 a 99.96%. Ponieważ każdy PAS to powrót do okoliczności sprzed zmiany permanentnej, ewolucja może się toczyć dalej nie wychodząc poza atraktory punktowe, jedynie przeskakując pomiędzy nimi. Jest to niewątpliwie wystarczający dowód na istnienie obszaru, gdzie ewolucja może się toczyć długo bez wychodzenia z niego, w zakresie parametrów s,K systemu pasujących system losowy w obszarze chaotycznym. Jednak ograniczenie się w opisie obiektów żywych jedynie do systemów z atraktorem punktowym jest pewną skrajnością interpretacyjną i powstaje natychmiast pytanie, czy dopuszczając pozostałe warianty zdarzeń saved także dostaniemy możliwość długiej ewolucji bez konieczności wejścia w obszar jedynie chaotyczny. Na to pytanie będą próbować odpowiedzieć badania met5, które polegać będą na kumulowaniu zmian saved ale nie PAS. Wybiegając na przód można już tu zaspokoić ciekawość i podać, że także met5 dała pozytywne wyniki znacznie rozszerzając podobszar systemów chaotycznych nadający się do ewolucji biologicznej.



Rys.1. Podstawowy wynik met4 – rozkład P(A1) wielkości damage (Avalanche) uzyskany w modelach a,b,c,d dla N=400, tmx=2000. Dla tmx=200 i tych samych zbiorów agregatów wyniki w tabeli piku lewego różnią się jedynie dla af (43410) i df (31019). Oznacza to, że z tmx pik lewy praktycznie nie maleje. Wpływ zwiększenia N do 4000 przedstawia rys.2. Uwaga, tu wyniki i tabele w oparciu o A1 w punkcie tmx, natomiast tabela 2 w oparciu o dokładniejsze A3. Różnice są znikome. Otrzymany rozkład P(A1) z dwoma pikami: lewym dla małych damage (ordered) i prawym zgodnym z równowagą Derridy (chaotic) oraz z prawie nieobsadzonym przedziałem pomiędzy nimi, dokładnie odpowiada hipotetycznej, poszukiwanej sytuacji, zakładanej w algorytmie reverse annealed. 480 zliczeń to 1% gdy rozkład traktować jako prawdopodobieństwo P(A1tmx).



peak	af	ar	bf	br	cf	cr	df	dr
Left	44713	30098	34035	17390	15195	6894	30830	8212
Right	3287	17902	13965	30610	32805	41106	17170	39788

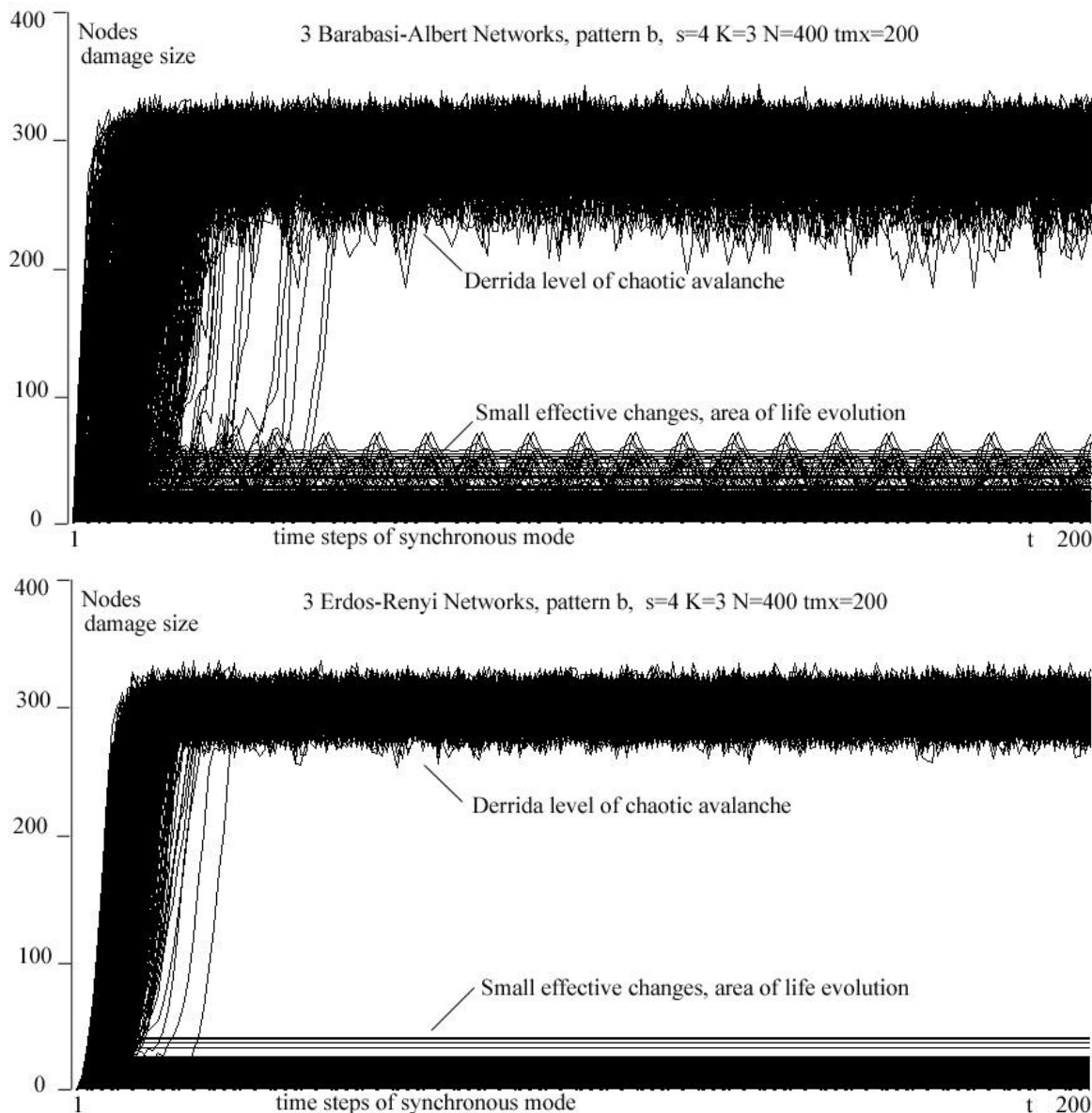


Rys.2. Rozkład $P(A1)$ (gdym/48000) rozmiaru damage uzyskany w modelach a,b,c,d dla $N=4000$, $tmx=200$. **W porównaniu z $N=400$ (rys.1) piki są węższe, a odcinek pomiędzy pikami jest bardziej pusty.** W powyższym wykresie logarytmicznym przedstawiono w pełnej dokładności oś poziomą $A1$, natomiast na wykresie obok punkty są wynikiem sumy po 20 przedziałów A , co dało cienie i gładkie krzywe. Jak widać z wykresu logarytmicznego,

wielkość piku prawego dla modelu a i sieci f jest 2 rzędy wielkości mniejsza od cf - modelowana tu silniejsza regulacja dała system szczególnie stabilny. Ten sam model a dla sieci r daje już obraz prawego piku o rząd większy, niemal identyczny z minimalną regulacją (model b) dla sieci f. Mniejsza pojemność piku prawego, to większa zawartość piku lewego, co widać z tabeli. Piki nie jest pokazany do górnego końca na wykresie obok. Tabela dotyczy decyzji na podstawie $A1(tm)$, natomiast w tabeli 2 podstawą było $A3$. Po prawej na dole pokazano stopień porządku i chaosu (z symulacji $N=400$, $tmx=2000$, jak rys.1). Żółty w zakresie porządku to wynik ślepych węzłów ($k=0$) w sieci r.

4.4 Wnioski z krokodyli

Wykresy $A(t)$ zbierane dynamicznie dla wszystkich inicjacji jednego lub kilku agregatów zostały nazwane krokodylami na podstawie rys.3. Powstały one podczas badań met4 jako narzędzie do uruchamiania i kontroli programu do symulacji, jednak okazały się niezastąpionym źródłem informacji o złożonych aspektach badanych zjawisk.



Przed wszystkim, unaocznily złożoną naturę rozmycia pomiędzy pikami zdarzeń uporządkowanych i chaotycznych (rys.4) oraz początkowy okres wybuchu i późniejszy spokojny okres ustabilizowanego podziału. Obserwacje krokodyli były głównym źródłem rozwoju narzędzi i pozwoliły na powrót do głębszych badań wcześniejszych met1, 2 (met2 200) i met3.

Rys. 3. Wykres $A(t)$ dla sieci f 4,3 który dał nazwę wykresom tego typu. Okazały się one bardzo owocne i wiele mówiące o przebiegu symulacji.

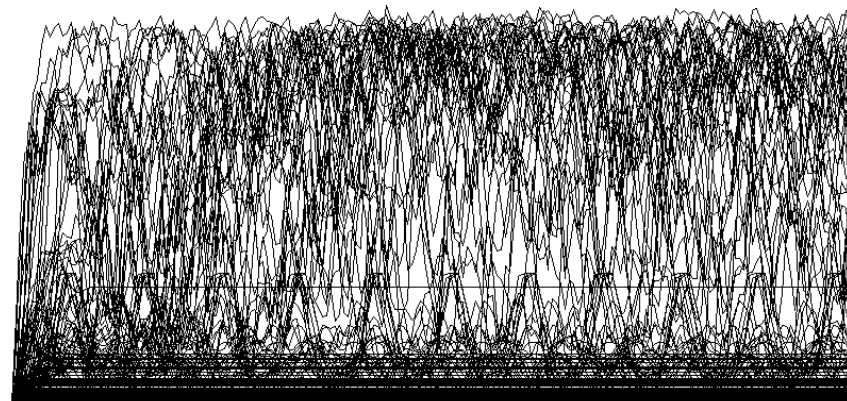
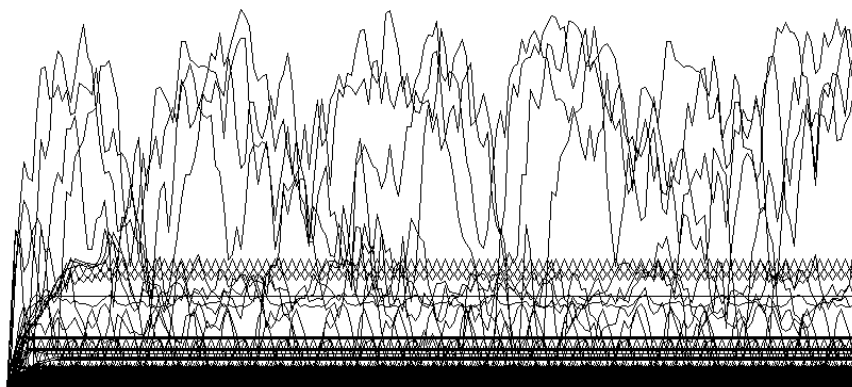
Ten krokodyl powstał z inicjacji 3 sieci scale-free w modelu b. Tu np. widoczne są ząbki równomiernych oscylacji krótkich pętli.

W przeciwieństwie do wcześniej (met1, 2, 3) pokazywanej takiej zależności wielkości A (Avalanche) od czasu, tu szybko zanikają transfery z dołu do góry (eksplozje chaotyczne) i oba piki osiągają trwałą liczebność. Tak jest dla wszystkich wersji modelu b,c,d i obu typów sieci f i r, różnią je szczegóły (rys.4). Jedyne model af daje sytuacje szczególnie uporządkowane, patrz rys.4.

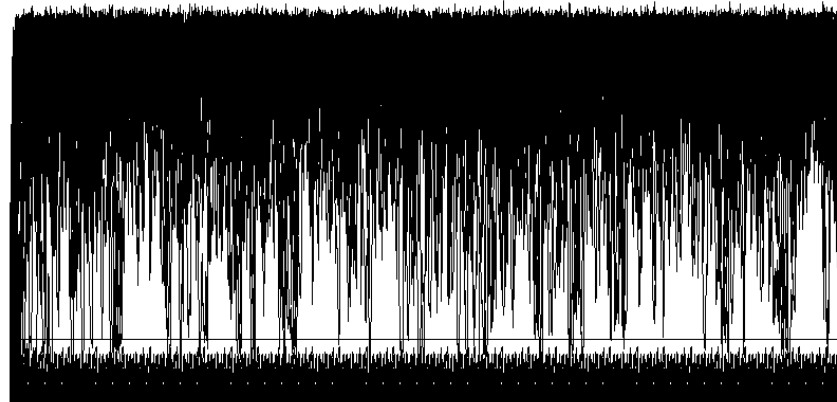
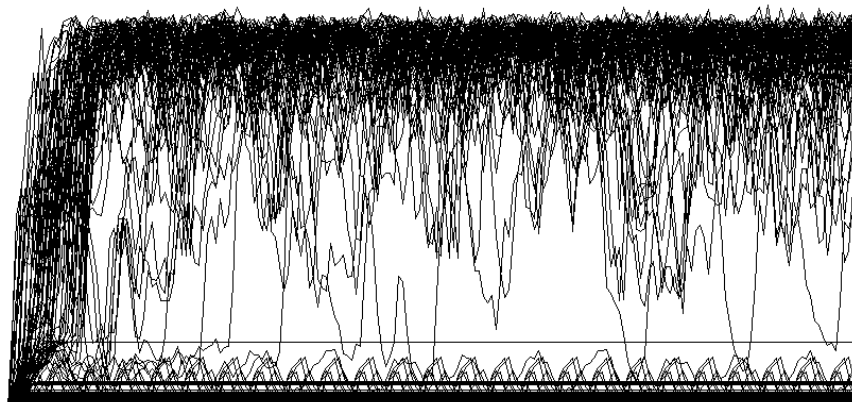
Poniżej podobny wykres dla trzech sieci r 4,3, tj. „Random” (ale PAS0) Erdosa-Renyi, o tych samych parametrach. Ząbków nie widać, siedzą jeszcze w dolnym dziąśleku, ale widać proste linie – to w większości także atraktory punktowe (PAS) o stałym odstępstwie od wzorca. Po krótkim okresie stan obu pików ustala się. Ten wykres jest w zakresie jedynie 200 kroków (5 pikseli w poziomie na krok).

Mamy tu dla pojedynczej sieci jednocześnie dość wąski stan równowagi chaotycznej Derridy (czarny pas górny) i także wąski zakres zachowań uporządkowanych (pasek dolny).

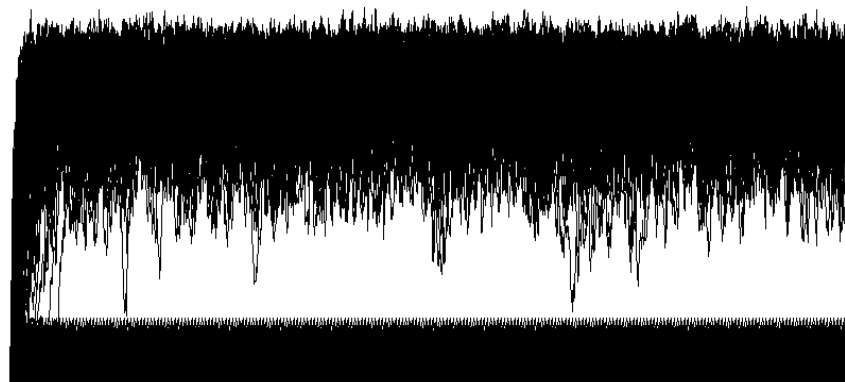
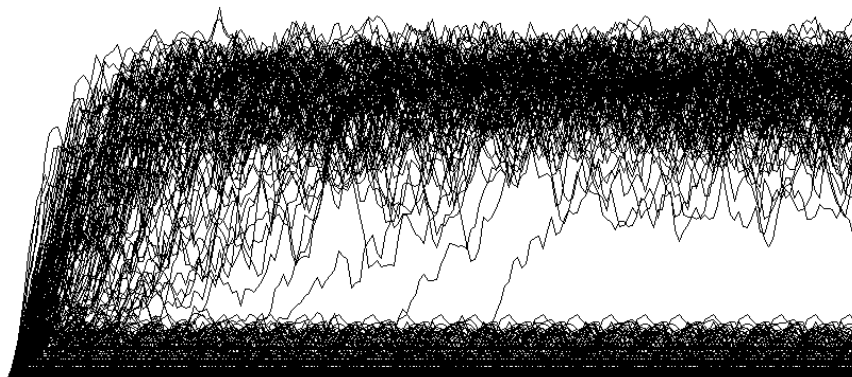
Rys.4. Początek. Przegląd krokodyli z symulacji modeli a, b, c i d. Przykłady opisane są: model (a,b,c,d); sieć (f,r); numer agregatu; $tmx=200, 2000$ (t,T); $N=400, 4000$ (n,N). Zdarzają się struktury sieci (z funkcjami), gdzie przebiegi $A1(t)$, czyli krokodyle, wyglądają inaczej niż na rys.3. Szczególnie w modelu a, gdzie jest mała liczba przypadków chaotycznych i są one odmienne z powodu silnej regulacji, krokodyle są mało typowe. Linia po prawej stronie wskazuje roboczo skalę: od dołu odcinki i przerwy po 10, dalej do 100 i po 100 do 400. Poziomy zakres to 1000 pikseli. Poniżej rozpoczynają przykłady modelu a (głównie 'tn', tj. $tmx=200, N=400$).



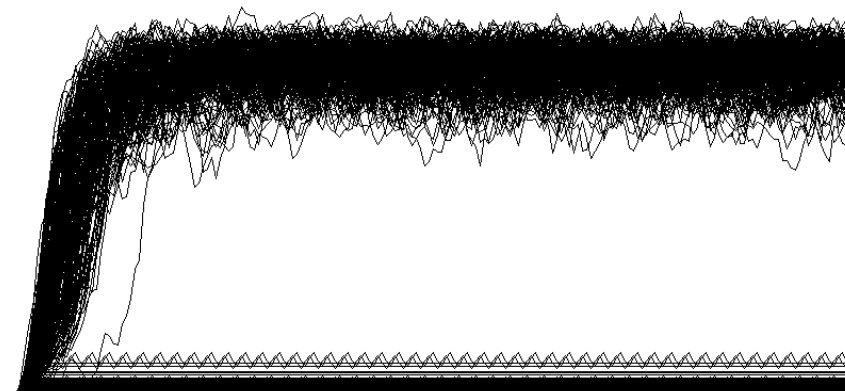
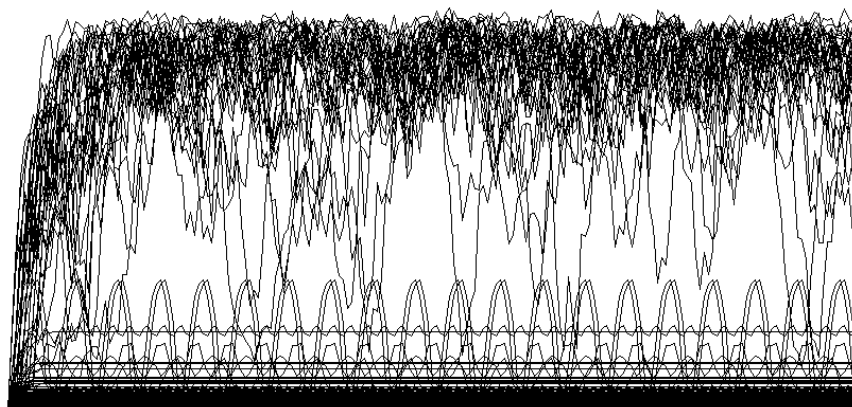
Model a $tmx=200, N=400$. af69tn, af15tn bardzo uporządkowane mimo parametrów $s, K=4,3$, gdzie mała liczba przypadków (przebiegów $A1(t)$ po inicjacji) sięga poziomu Derridy, a i tak spadają znów do małych wartości $A1$, większość pozostaje przez cały czas na niskim poziomie. Brak zauważalnego przedziału pomiędzy pikami, jednak zwiększenie tmx do 2000 zwiększyło L tylko o 2 dla af15Tn (z 360 do 362), co świadczy o ustabilizowanym podziale z problemem identyfikacji na podstawie progu $A1$.



af58tn i af58Tn (to ten sam agregat badany w obu zakresach tmx)- nieco więcej przypadków chaotycznych, widoczny wyraźnie bardziej pusty przedział między pikami. Przypadki chaotyczne często spadają do nawet bardzo małych wartości $A1$, jednak z powrotem wracają w pobliże poziomu Derridy. Tu próg przekraczany jest wielokrotnie przez przypadki chaotyczne. Nadal ogromna większość pozostaje przez cały czas na dole. Na af58Tn dla **$tmx=2000$** , widać powtarzalność obrazu uporządkowanych do końca przedziału tmx .

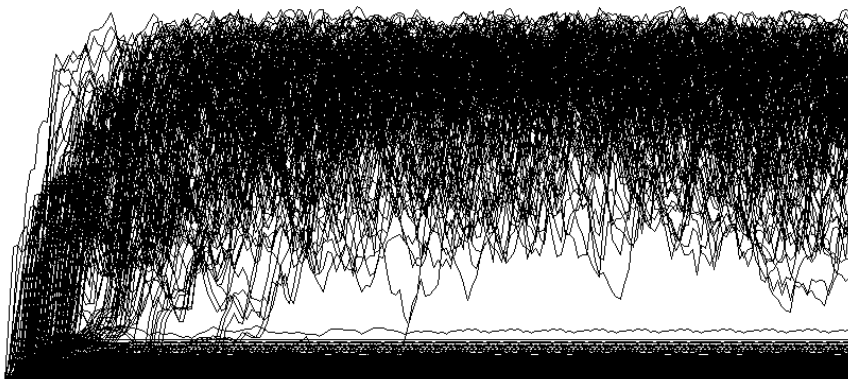


ar13tn i Tn - późne eksplozje do poziomu Derridy. To daje się zaobserwować w modelu a dla sieci r ale dla f zwykle cały przedział jest zamazany. Tu $L=292$ zarówno dla $tmx=200$ jak i dla $tmx=2000$, dalej więc już eksplozji nie było.

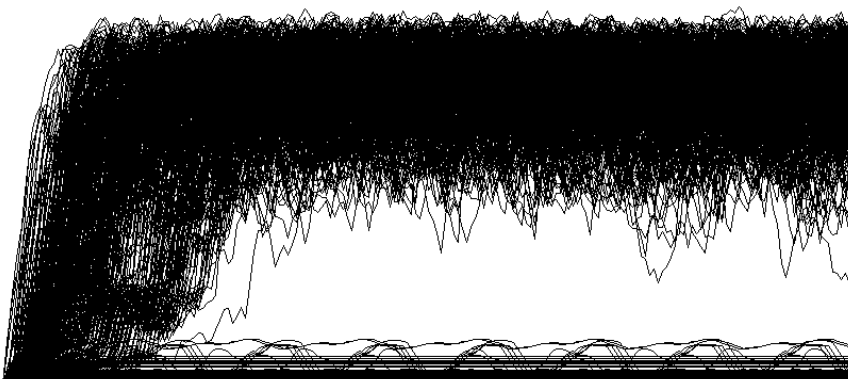


af107tn - wysokie ponad $\text{próg}=100$ oscylacje przypadków uporządkowanych. Ogólnie, a tu szczególnie, widoczne są krótkie oscylacje przebiegów uporządkowanych, a brak zauważalnej powtarzalności przebiegów chaotycznych.

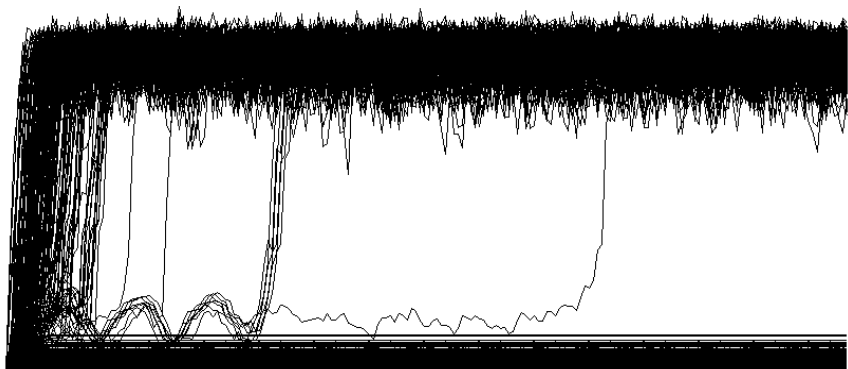
ar19tn - normalny obraz o dobrze rozdzielonych wąskich pikach jednak się zdarza w modelu a. W przypadku sieci f zdarza się sporadycznie, ale dla r już zazwyczaj. Tu oczywiście $L=194$ zarówno dla $tmx=200$ jak i dla $tmx=2000$.



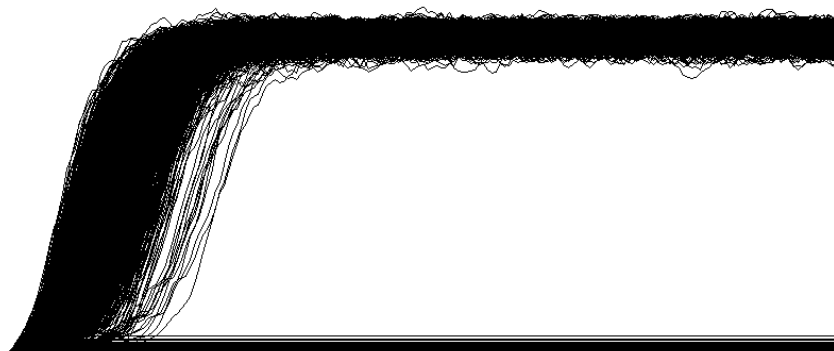
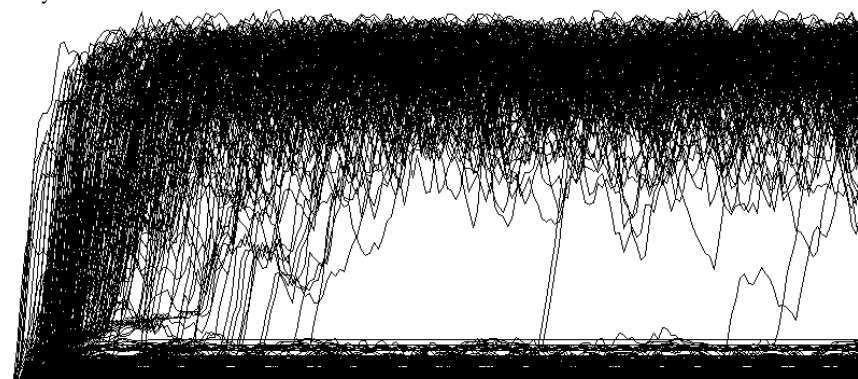
Model a $tmx=200, N=4000$ tylko po 12 agr., wszystkie z wyraźnym rozdzieleniem pików nawet dla f. Skrajne przypadki to **af12tN** niski zasięg chaotycznych; **af7tN** późne



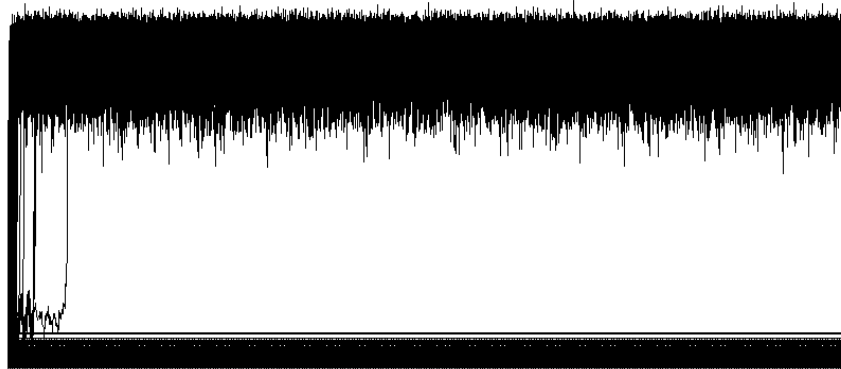
eksplozje; **af3tN** typowy i zarazem przeciętny, widać oscylacje akceptowalnych.

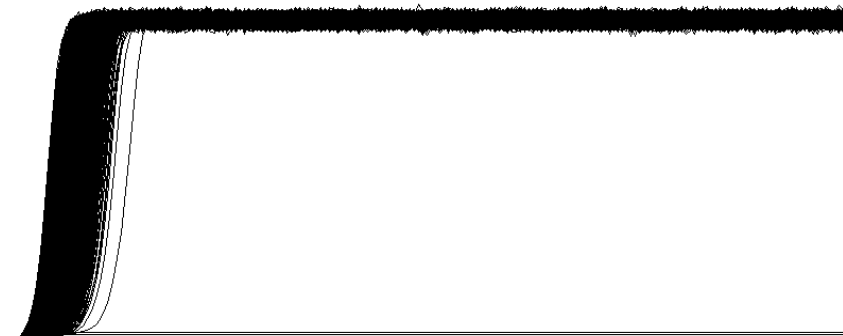
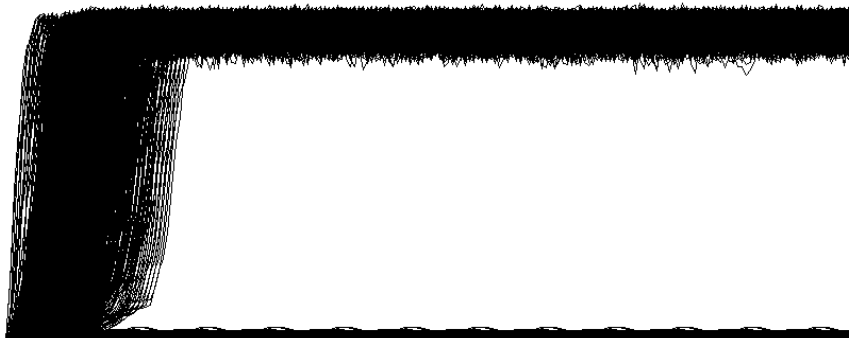


Model b $N=400$. Tu typowymi przykładami są oba historyczne z rys.3. Skrajny przypadek późnych eksplozji **bf23tn**, jednak w **bf23Tn** dalej ich brak



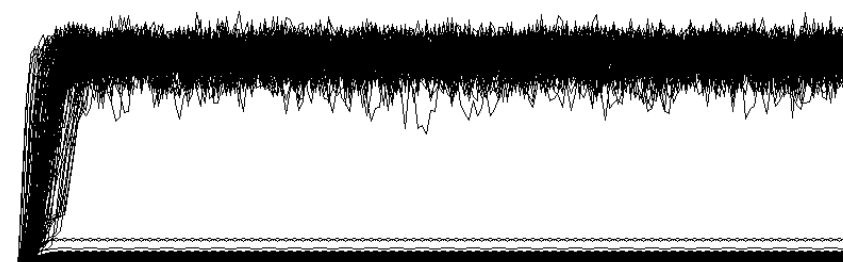
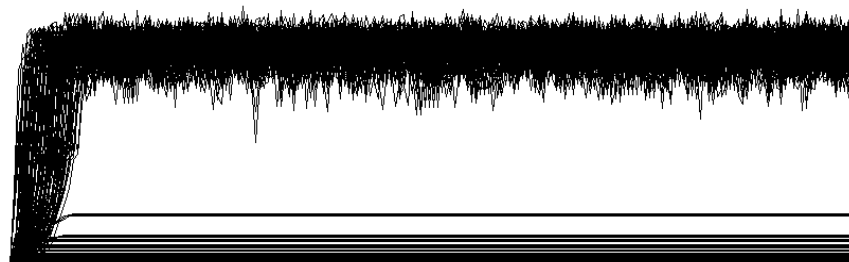
Sieć r daje obraz dość jednolity a jego przykładem jest **ar3tN**.



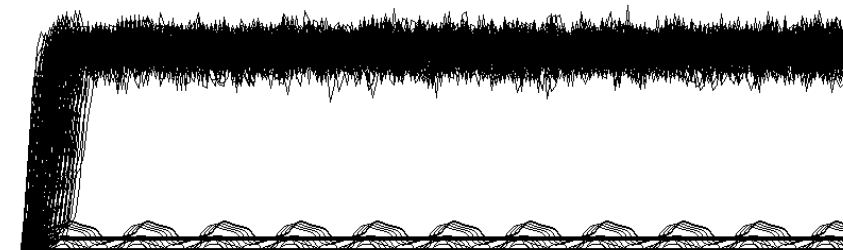
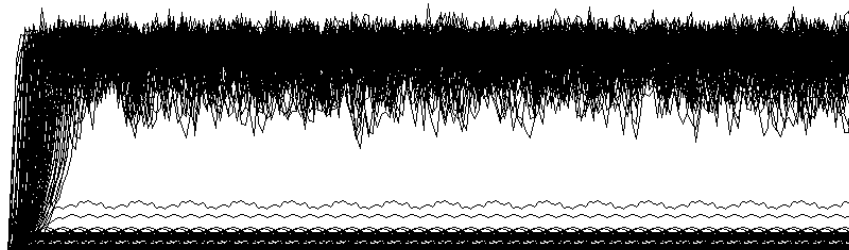


b N4000 bf6tN z oscylacjami akceptowalnych. Ogólnie oba piki (tu czarne pasy górny i dolny) są wąskie z czystym przedziałem pomiędzy. Obraz pasa dolnego (piku lewego w $P(A1)$) zwykle jest prosty i grubszy dla sieci f niż dla r . Bywają w nim cienie równoległe proste linie jak w przykładzie **br5tN**, to prawdopodobnie PAS'y.

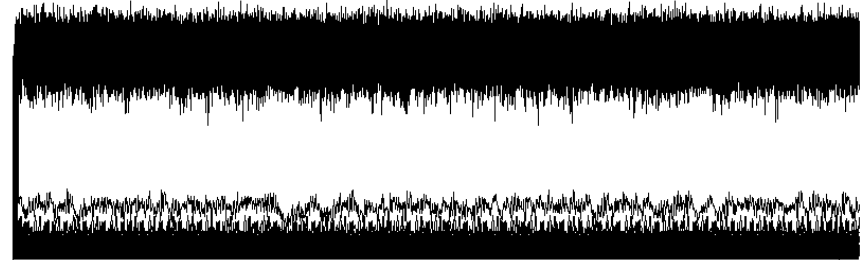
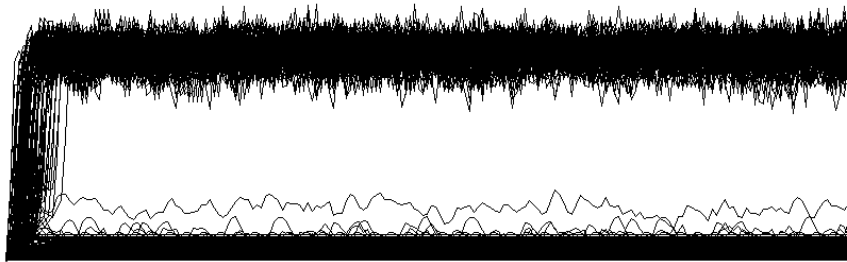
Model c - krokodyle wyglądają podobnie do wyżej pokazanych z modelu **b** i nie są tu prezentowane. Oba pasy odpowiadające obu pikom są nieco węższe od **b**.



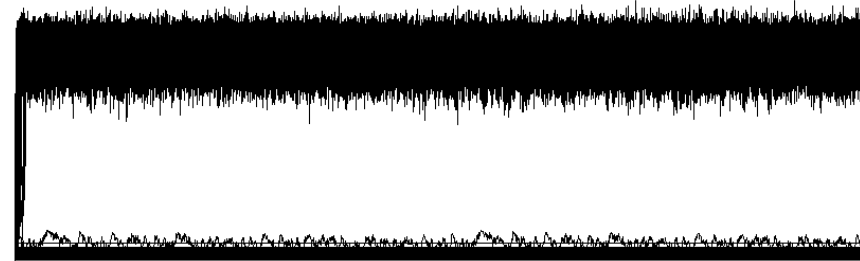
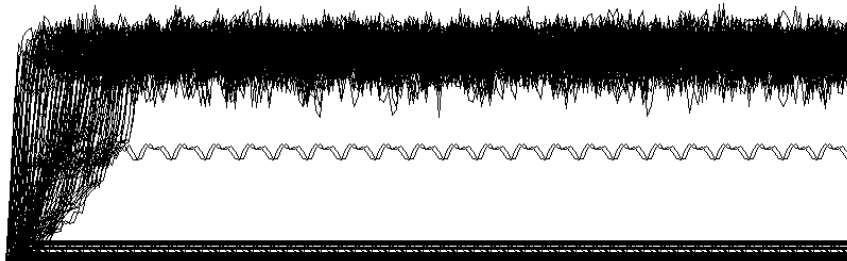
Model d, $s,K=2,4$ w odróżnieniu od powyższych modeli **a,b,c** gdzie $s,K=4,3$, więc poziom Derridy jest tu niżej. Kolejne 6 przykładów $df\#tn$ (tu **df3tn** i **df4tn**)



(a tu **df109tn** i **df117tn**) różnią przede wszystkim pojedyncze, lepiej widoczne przebiegi w górnej części dolnego pasa. Obserwując dynamiczne powstawanie krokodyli w początkowej fazie widać, że są to przebiegi typowe. Ich najważniejszą cechą jest powtarzalność, czyli krótka pętla atraktora, ale nie zawsze tak jest.



Właśnie w przypadku **df16tn** akurat czytelne przebiegi nie mają powtarzalności, mimo to nie eksplodują, co widać na **df16Tn**.



W **df72tn** mamy chyba 2 (mogą się pokrywać) zbliżone przebiegi tuż nad progiem=100. Raczej damage pętli się tu w tej samej pętli z bardzo drobną różnicą i przesunięciem. Ogólnie $tmx=2000$ mało wnosi; bo już na początku ustają eksplozje, jednak zdarzają się przypadki przebiegów uporządkowanych jak np. w **df91Tn**, gdzie $A1$ sięga tylko do 30, a atraktor ma długość rzędu 1000. Sieć r nie oferuje ciekawszych przypadków.



Dla $N=4000$ w modelu d dolny pas staje się skrajnie wąski a górny także się zwęża, jednak w powyższych typowych **df1tN** i **dr12tN** dolne mieszczą $L=2610$ i 699 na 4000 . Rys.4. Przegląd postaci krokodyli w badaniach met4 modeli a,b,c i d (powyżej).

4.5 Ważniejsze problemy symulacji – A1-4, próg

Już w met1,2 gdzie tmx było początkowo szczególnie krótkie (60) a eksplozje chaotyczne występowały do końca badanych przedziałów, wystąpił problem przypadków w fazie eksplozji ale poniżej progu w chwili tmx . Aby nie zaliczać takich przypadków do rozkładu $A(tmx)$ dla akceptowalnych, zbierano wartość A w różny sposób, co wymagało rozróżnienia. $A1$ to wartość A w chwili tmx także delikatnie skorygowana przez pobieranie jej nieco wcześniej przed tmx na odległości takiej, po której eksplozja miała jeszcze szanse przejść próg. Nie dopuszczało to do uwzględnienia w rozkładzie $A1$ dużych wartości, jakie nie występują dla rzeczywiście akceptowalnych odrzucając z tego te przypadki, które jednak przeszły przez próg. Różnice te nie okazały się istotne, ale problem wskazał na konieczność ostrożności w zaliczaniu do uporządkowanych lub chaotycznych na podstawie $A1$ w punkcie tmx .

W met4 podobne problemy występowały jedynie w modelu a, ale nie wynikały one z późnych eksplozji, a ze sporych fluktuacji $A1$ podczas przebiegu po danej inicjacji, często spadających poniżej progu mimo chaotycznego charakteru przypadku (patrz [rys.4](#) model af $N=400$). Decydowanie o akceptacji do lewego pikę na podstawie $A1$ było więc obciążone losowym wystąpieniem chwili tmx , co nie oddawało rzeczywistej wielkości damage dla danej inicjacji, raczej kojarzonej ze średnim poziomem odstępstwa od wzorca. To spowodowało określenie wielkości $A3$ jako średniego $A1$. Ale dla przebiegów o stabilnym poziomie $A1$ na wielkość $A3$ miał wpływ początek lawiny, zwykle obniżając $A3$. Z drugiej strony późna eksplozja po połowie odcinka tmx pozwalała na zmieszczenie $A3$ pod progiem. Ostatecznie $A3$ liczone było z ostatniego odcinka przed tmx , co istotnie poprawiło podstawy decyzji.

$A2$ miało swoje źródło w opisie algorytmu r-a, gdzie pik lewy miał interpretację sumy $A1$ do wygaśnięcia. W met4 wygasanie do $A1=0$ okazało się znikomą częścią przypadków uporządkowanych (patrz [tab.2](#)), a w pozostałych przypadkach $A2$ nie miało sensownej interpretacji. W met4, czyli PAS, wygasanie do $A1=0$ natychmiast inicjuje następną lawinę o identycznym przebiegu, więc $A3$ jako średnia z $A1$ poprawnie przejmuje wcześniejszą intencję $A2$ dla wygasłych, jednocześnie ma poprawny sens dla wszystkich typów rozwoju damage. Okazało się jednak, że dla całosciowych wyników statystycznych różnica między $A1$ i $A3$ jest nieistotna, a $A1$ ma znacznie prostszą definicję i nie zależy od arbitralnie wyznaczonego odcinka pomiaru, wyniki przedstawiane są więc dla $A1$ często z pominięciem 1. Różnicę tą można zobaczyć między [rys. 1 i 2](#) gdzie zastosowano $A1$ a [tabelą 2](#), gdzie zastosowano $A3$ i [zaznaczono różniące się wartości](#).

W dalszych badaniach (met5) występuje jeszcze $A4$, które wskazuje sumaryczną liczbę zaburzonych nodów w przebiegu po danej inicjacji, co ma określać wielkość pętli, w której błędzi damage.

Jednym z podstawowych parametrów badań jest ustalany arbitralnie próg zaliczania do przypadków uporządkowanych. Decyzja wyboru progu nie jest jednak dowolna. Próg ma oddzielać dwa wyraźnie różne typy zachowania damage. Jeżeli występuje długi pusty przedział pomiędzy pikami lewym (uporządkowanych) i prawym (chaotycznych) na rozkładzie wielkości damage, to wybór punktu w ramach tego pustego przedziału jest dowolny. Jednak nie zawsze przedział ten jest pusty, co zależy od badanych modeli i ich parametrów. Także nachylenia stoku pikę lewego jak i położenie pikę prawego zmieniają się z tych samych powodów, co zmienia okoliczności poprawnego wyboru progu. W fazie przygotowania ostatecznych symulacji należy więc zebrać dane do poprawnego wyznaczenia progu. Do tego potrzebny jest rozkład $P(A)$, ale interesujący zakres dotyczy najmniejszych prawdopodobieństw, a więc dużej statystyki, a to wymaga długich symulacji, które nie są ostateczne. Zdarzało się więc, że próg okazywał się nie dostatecznie właściwy już po przeprowadzeniu symulacji planowanej jako ostateczna, co wymagało powtórnego jej przeprowadzenia. Tak np. ustalony w badaniach met1 i 2 uniwersalny próg 60 trzeba było zmienić w met4 na 100 dla $N=400$ i 300 dla $N=4000$, po czym okazało się, że dla modelu af dla $N=4000$ należy go podnieść do 800, co widać na [rys.2](#).

Wiele problemów z poprawną interpretacją wyników, właściwym postawieniem pytań i zaprojektowaniem zbierania danych, pomogła rozwiązać dynamiczna wizualizacja w postaci krokodyli, która powstała w trakcie badań met4. Była ona dalej systematycznie udoskonalana, co wraz z innymi rozwiązaniami spowodowało powrót do wcześniejszych tematów jak met2 200 i met3.

4.6 Podsumowanie

Wyniki met4 (tab.2) wskazują podobszar losowych systemów chaotycznych nadający się dla ewolucji biologicznej. W podobszarze tym występuje chaos i uporządkowanie jednocześnie. Są to systemy w stanie atraktora punktowego (PAS). Dla każdej losowej struktury połączeń można otrzymać PAS odpowiednio definiując funkcję każdego nodu dla jednego, określonego stanu wejść.

Dla wszystkich czterech modeli, od modelu a z silną regulacją, poprzez model b z minimalną regulacją, do modeli c i d bez regulacji, uzyskano poszukiwany stan rozkładu wielkości damage (rys.1 i 2) o dwóch silnych pikach (tab.2): lewym - bardzo małych damage i prawym - dużych damage zgodnych z równowagą Derridy dla przypadków chaotycznych, oraz z obszarem pomiędzy pikami praktycznie bez zliczeń.

Jedynie **model a dla sieci typu f okazał się nazbyt skuteczny**, tj. regulacja okazała się bardzo silna, i prawy pik jest tam w zaniku, ale jest. Mimo parametrów chaotycznych system taki jest prawie całkiem uporządkowany, **co wskazuje znaczenie regulacji jako jednej z istotnych metod podwyższenia stabilności**.

Pik lewy (przypadki uporządkowane) praktycznie nie maleje ze wzrostem tmx (długości badanej trajektorii). Znalezionej efekt zwiększa wyrazistość wraz ze wzrostem sieci, czyli symulowane sieci nie są zbyt małe.

Przypadki uporządkowane (akceptowalne) osiągają 93% dla skrajnego modelu af, ale aż w połowie modeli przekraczają 60% wszystkich inicjacji, i nie spadają poniżej 14% (model c bez regulacji dla sieci r). Ważnym wynikiem (tab.2) jest udział PAS w przypadkach uporządkowanych, który dla $N=400$ nie spada poniżej 90% dla modelu a, a w pozostałych waha się pomiędzy 96.7 a 99.96%. Ponieważ każdy PAS to powrót do okoliczności sprzed zmiany permanentnej, ewolucja może się toczyć dalej nie wychodząc poza PAS, jedynie przeskakując pomiędzy nimi. Jest to wystarczający dowód na istnienie obszaru w zakresie parametrów s,K systemu plasujących system losowy w obszarze chaotycznym, gdzie ewolucja może się toczyć długo bez wychodzenia z niego. Jednak ograniczenie się w opisie obiektów żywych jedynie do systemów PAS jest pewną skrajnością interpretacyjną i powstaje natychmiast pytanie, czy dopuszczając pozostałe warianty zdarzeń uporządkowanych także dostaniemy możliwość długiej ewolucji bez konieczności wejścia w obszar jedynie chaotyczny. To badać będzie met5.

Wskazany został odpowiedni dla ewolucji biologicznej obszar systemów o parametrach s,K chaotycznych dla systemów losowych.

5 Kumulacja zmian małych nie wyprowadza do chaosu, ro-modularność – met5

5.1 Wstęp

5.1.1 Przypomnienie i zadania

Niniejsze opracowanie jest kontynuacją badań wcześniejszych (met1 i 2, met3 a przede wszystkim met4). Wiele terminów wprowadzonych wcześniej nie jest tu powtórnie definiowanych. **Jest to możliwie pełny, a jednocześnie możliwie zwięzły raport z przeprowadzonych badań**, służący jako zorganizowany przewodnik po zgromadzonych wynikach, które stały się podstawą głoszonych wniosków.

Ogólnie: Badania dotyczą propagacji damage po małym permanentnym zaburzeniu (modelującym zmianę ewolucyjną) w złożonych autonomicznych sieciach Kauffmana. Sieci Kauffmana są tu rozszerzone względem Boolowskich do $s \geq 2$ wariantów sygnału, warianty te są równoprawdopodobne. Wszystkie nody w sieci mają K wejść i dowolną liczbę k wyjść. Rozkład k może odpowiadać różnym typom sieci, badane są głównie f – scale free **Barabasi-Albert** i r – „Random” **Erdos-Renyi**. Struktura połączeń sieci jest losowa i stała. Funkcje spełniają początkowo jedną z 2 formuł: b (minimalna regulacja i PAS0) lub c (jedynie PAS0) określonych w met4, w pozostałych aspektach są losowe. Start z atraktora punktowego (PAS) ze wszystkimi stanami nodów $=0$ (PAS0). Ewolucja składa się ze zmian „akceptowanych” tj. takich zmian permanentnych, po których damage nie przekroczyło progu (zwykle około połowy stanu równowagi Derridy w sieci chaotycznej).

Celem podjęcia met5 jest:

- (1) przede wszystkim stwierdzenie, że kumulacja zmian akceptowanych pozwala na długą ewolucję, która nie wyprowadza ze stanu specyficznego, zapoczątkowanego skrajnym met4 = PAS0. Stwierdzenie takie tworzy pytania o granice takiego obszaru i podstawy jego specyfiki. Tak więc:
- (2) drugim zadaniem jest osiągnięcie granic tego obszaru od strony PAS0, poprzez dobór parametrów procesu i określenie charakteru tych granic. Natomiast
- (3) trzecim zadaniem jest sprawdzenie tezy nazwanej „ro-modularnością”, że specyfika tego obszaru polega na wielu krótkich, prawie niezależnych pętlach.

W met4 stwierdziłem, że radykalna większość zmian akceptowanych startujących z PAS0 prowadzi także do PAS, co wystarcza do toczenia się ewolucji i wykazania obecności miejsca dla ob.ż w zakresie parametrów „systemu chaotycznego” (system losowy o takich parametrach jest chaotyczny, ale badany w met4 PAS0 nie jest losowy), jednak taka ewolucja jest interpretacyjnie nazbyt uproszczona.

Bardziej adekwatny opis ob.ż powinien zawierać dość krótkie cykle, w dużym stopniu niezależne. To oczekiwanie wynika z rozważań: co może stać się z zainicjowaną damage. Jeżeli nie eksploduje, to zamyka się ona w małej liczbie nodów o małej liczbie odmiennych stanów, lub wygasa. Inicjująca zmiana permanentna powodować może wiele wtórnych inicjacji, które, podobnie jak utrzymująca się mała liczba odmiennych stanów, odbywają się w różnych okolicznościach do początku drugiego obrotu atraktora. Tak więc odcinek do początku drugiego obrotu atraktora i liczba odmiennych stanów powinny być jak najmniejsze by zmniejszyć szansę eksplozji. To oczekiwanie przewija się od początku – met1 i 2. Kожarzy się z modularnością, która była tematem met3, ale tamte badania, oparte o strukturę połączeń, szczególnie po pierwszym podejściu, sugerowały szersze spojrzenie. Sukces met4 opartej na skrajnym modelu PAS0 w naturalny sposób pociągał za sobą potrzebę złagodzenia tej skrajności przez przejście do stanów zbliżonych, ale mniej skrajnych. Taką możliwość oferuje zmienność akceptowana ze stanu PAS0, oczywiście nie ta większość z powrotem prowadząca do PAS. W badanych modelach zmienność nie narusza połączeń sieci - jest to świadome ograniczenie, nie może więc prowadzić do klasycznej modularności (patrz Errata na początku raportu, moduły są obecne w badanych sieciach od ich losowego wygenerowania), ale może prowadzić do zjawisk zbliżonych, które nazwałem **ro-modularnością**. Taki specyficzny stan sieci oparty na specyficznym doborze funkcji i stanów, podobnie jak w met4, ale mniej rygorystyczny, mógłby być właściwym, szerszym od PAS, stanem odpowiednim dla modeli obiektów żywych, nazwanym przez Kauffmana „ciekłym”.

Koncepcja met4 wynikała z oczekiwania, że przyczyną konieczności przejścia do chaotycznego stanu równowagi Derridy po małej zmianie permanentnej jest spora długość atraktora. W met4 przyjęto więc skrajnie krótki atraktor o długości $=1$. Jak wspomniałem, oczekiwałem, że stan dostępny dla życia polega na praktycznie mało zależnych wielu jednoczesnych krótkich pętlach. Taki stan nawet nie musi mieć krótkiego atraktora globalnego by wykazywać duży udział losowych zmian permanentnych (tj. zmian ewolucyjnych) dających małe zmiany wynikowe, czyli akceptowalnych. Tworzą one „pik Lewy” na rozkładzie wielkości damage. W późniejszych badaniach met3 (modularności) takie sytuacje były obserwowane. System w tym stanie ma wykazywać duży stopień uporządkowania q jednocześnie z podobnym stopniem chaosu c .

Można było mieć obawy, że kumulacja dowolnych zmian małych, nie ograniczonych innymi warunkami, doprowadzi jednak do stopniowego zmniejszenia stopnia uporządkowania q i względnie gładkiego wyjścia do strefy samego chaosu. Inaczej to formułując: charakter granicy obszaru ciekłego i chaotycznego może być gładkim przejściem stopniowym lub nagłym, o typowych własnościach przejścia fazowego. Od tego zależy czy obszar ciekły jest zwykłą trzecią fazą, czy też podobszarem jednej lub obu faz ordered i chaotic. Ten problem sugerował podjęcie prób dojścia do tej granicy od strony PAS0, co jest drugim (2) celem podjęcia met5. To jednak nie całkiem się udało, mimo doboru parametrów akceptowanej zmienności, co sugeruje, że warunek małych zmian jest wystarczający, by utrzymać się w obszarze ciekłym.

Zadanie met5 miało postać: Na bazie met4, czyli startując z PAS0, dla możliwie wszystkich zdefiniowanych w met4 modeli (typów specyficzności a,b,c,d), zgromadzić w agregatach możliwie dużo zmian dających małe zmiany wynikowe (zaakceptowanych) ale nie PAS. Na takim agregacie przeprowadzić pełną analizę inicjacji damage i porównać z wyjściowym PAS0: Czy jest to podobny stan q-c, czy dryfuje w którąś stronę znacząco i systematycznie? Jeszcze z met4 wiadomo, że przypadków niePAS=fade+other jest ‘zaniedbywalny ułamek’, szczególnie w c, ale są i projekt podjąłem.

Dla celów interpretacyjnych było istotne, by przy okazji badać własności akceptowanych zmian lub systemu po ich kumulacji, mogące rzucić światło na hipotezę ro-modularności jako spodziewanego mechanizmu wyjaśniającego specyfikę obszaru ciekłego. Chodzi o ich zgodność z obrazem wielu niezależnych jezior - klastrów w lodzie i wizji perkolacji tych klastrów jako przejścia fazowego. Byłby to opis stanu ro-modularnego w typowym języku dotąd używanym w tym zakresie. Potrzeby interpretacyjne są dalekie od zaspokojenia, opis przy pomocy sieci o sztywnej strukturze połączeń, liczbie nodów, podziale na linki, sygnały, nody i ich funkcje pozwala na wstępne rozpoznanie tych złożonych zjawisk, jednak w przyszłości trzeba te podziały sporo zniwelować, jak np. proponuje algebra procesów [GdM], by obraz był bardziej adekwatny, ale czy wtedy uda się go pojąć i wyobrazić jak teraz?

5.1.2 Obraz interpretacyjny

Małe oscylacje są w PAS0 ukryte w nodach, tak na początek. Można przyjąć, że jest to ‘model zerowy’ - stan wyjścia obserwacji. Teraz robimy zmianę permanentną i obserwujemy co się stanie - jeżeli system przetrwa jako stabilny i nie będzie w PAS, to będzie miał małą pętlę regulacyjną i oscylacyjną. Będzie to nowy atraktor, teraz jednak już nie punktowy. To odsłania naturę wielu zjawisk w systemie dotąd schowanych w pojedyncze nody. Dalsza ewolucja takiego systemu ma tworzyć coraz większą sieć takich pętli. To jest natura homeostazy w systemie o parametrach chaotycznych z możliwością wypadnięcia poza zakres homeostazy.

Ta wizja wydaje się ładnie prosta. Wychodzę z modelu stabilnie działającego (nielosowego) systemu o parametrach chaotycznych (gdyby był losowy). Następnie dokonuję w nim zmian i pozostawiam jedynie zmiany małe - mały poziom równowagi damage. To mechanizm darwinowski. Okazuje się (met4), że jest możliwy taki mały poziom, ale dopiero dla systemów już homeostatycznych. Pozostaje wskazanie drogi uzyskania takiego pierwszego systemu, ale on takim był zawsze, od bardzo prostego początku.

Tak jak uprzednio, pokazuję, że jest więcej możliwych cech znalezionych przez mechanizm darwinowski, tj. efektów warunku trwania – inaczej: małej zmiany, niż jedynie znalezienie parametrów s,K systemu na brzegu chaosu. Hipoteza życia na brzegu chaosu w zasadzie dotychczas wskazuje jedynie na dobranie K. Uważam dobór struktury w aspekcie funkcjonalnym (funkcje i stany) jako najłatwiejszy obszar zmienności ewolucyjnej, w drugiej kolejności - struktury połączeń, a dopiero daleko dalej - dobór parametrów systemu typu s i K tak, by mógł on dryfować w obszar granicy z chaosem. Dlatego stabilność systemu, będąca kryterium doboru, jest z natury silnie podwyższona w systemach żywych łatwiejszymi drogami i oczekiwanie, że obiekty żywe modeluje system losowy (random) o dobranych parametrach tak podstawowych jak s i K jest skrajnym i niecelnym uproszczeniem. Ponadto przesuwając systemy żywe w chaos dodaję modelowanie koniecznej dla mechanizmu doboru naturalnego śmierci, jako dużej zmiany do poziomu Derridy.

5.2 Zmienność kumulowana, passy N1,N2,M, formuły bf,br,cf,cr, s,K=4,3

Symulacje met5 ograniczyły się jedynie do modeli b i c, czyli s,K=4,3. Badano jedynie sieci typu f oraz r, zawsze miały one N=400 nodów. Głównym badanym modelem był b, natomiast c został dodany jako uzupełnienie. Model a jako nazbyt wyszukany (szczególnie silna regulacja) został na razie pominięty, gdyż nie regulacja okazała się już w met4 najbardziej istotnym aspektem. Model d z s,K=2,4 uznany został jako skrajny i na razie go pominięto. Główne symulacje wykonywane były dla $tmx=1000$.

Inicjacja, tj. permanentna zmiana punktowa realizowana jest przez dodanie inittam do wartości funkcji i obcięcie wyniku mod s. Dla s=4 inittam może więc przyjmować wartości 1,2,3 co pozwala na zbadanie wszystkich możliwych inicjacji. Ten sam mechanizm stosowany był w met1-4.

Pierwszy przebieg kumulacji startuje ze stanu PAS0, czyli wszystkie stany są 0. Zmiany punktowe są więc głównie dla wejścia (0,0,0), zmniejsza to istotnie podstawową wyjątkowość wspólną dla **modeli c i b** polegającą na $f(0,0,0)=0$ wraz z ogromną przewagą stanu 0. (Średnie udziały każdej z 4 możliwych wartości funkcji są wyrównane.) W pierwszym passie (N1) nie było możliwości zaniechania niszczenia tej specyfiki, ale w passach N2, po dużym shift (przesunięciu), dla równowagi inicjowane były jedynie nody z innym stanem wejściowym niż (0,0,0). Specyfika **modelu b** to ponadto $f(0,0,1)=f(0,1,0)=f(1,0,0)=0$ tworzące minimalną regulację. W N1 dla 0,0,0 zmiana wartości funkcji z 0 na 1 nie da nic, bo odbiorca zwykle jeszcze będzie miał na jednym wejściu 1, na pozostałych 0 i zmiana wygasa. Takie zmiany można kumulować, gdy ich gęstość rośnie to częściej zaistnieją 2 wejścia 1, co daje już wynik losowy, ale to ma sens dopiero od drugiego przebiegu. Inittam=2 i 3 daje więc zwykle $f(0)=2$ lub 3 dla danego nodu na cały badany przedział czasowy tnx. Ze wszystkich trzech możliwych wartości inittam tylko w pierwszym przebiegu i tylko dla modelu b pomija się 1.

Dla celów kumulacji, po akceptacji zmiany funkcji danego nodu, nie ma sensu próbować pozostałych wariantów zmian, są więc pomijane (nie w passach free w serii 44), gdyż w razie ich akceptacji zastąpią już zaakceptowaną. Jest to **blokowanie cofania zmian**. W tym celu zapisywane jest, że dla danego stanu wejściowego nodu zmiana funkcji została skumulowana i omija się próby ponownej jej zmiany. Chroni to przed zmianami 'tam i z powrotem' oraz wliczaniem zmian, które zostały zastąpione inną. Dwa początkowe przebiegi kumulacji są jeszcze dość specyficzne. Ich wynik przedstawiony jest łącznie na krokodylach N. (Krokodyl – graficzna, dynamiczna postać wyniku, omówiona już w met1,2 i met4, głównie przedstawiająca A1(t).) W serii 45 badań met5 liczba skumulowanych w tych 2 passach okazała się zbyt mała i wprowadzono powtarzanie, aż uda się zgromadzić sensowną do dalszej części symulacji liczbę zmian skumulowanych. Przebieg pierwszy (N1) był akceptowany, gdy skumulował przynajmniej 30 zmian, a drugi (N2) powtarzany był do 3 razy by łącznie osiągnąć przynajmniej 100 zmian skumulowanych. W razie niepowodzenia powtarzano od losowania sieci. Przed wstępnym passem N2 (ewentualnie powtarzanym do 3 razy, już z dopuszczeniem nawet dla modelu b inittam=1) wykonywane jest zawsze przesunięcie startu o $t=498$. (Passy wstępne oznaczane tu przez N w **Naaj** oznaczone są przez J.)

Dalej w pętli wykonane jest 20 przebiegów obrazowanych każdy oddzielnie na krokodylach M z odpowiednim numerem passu.

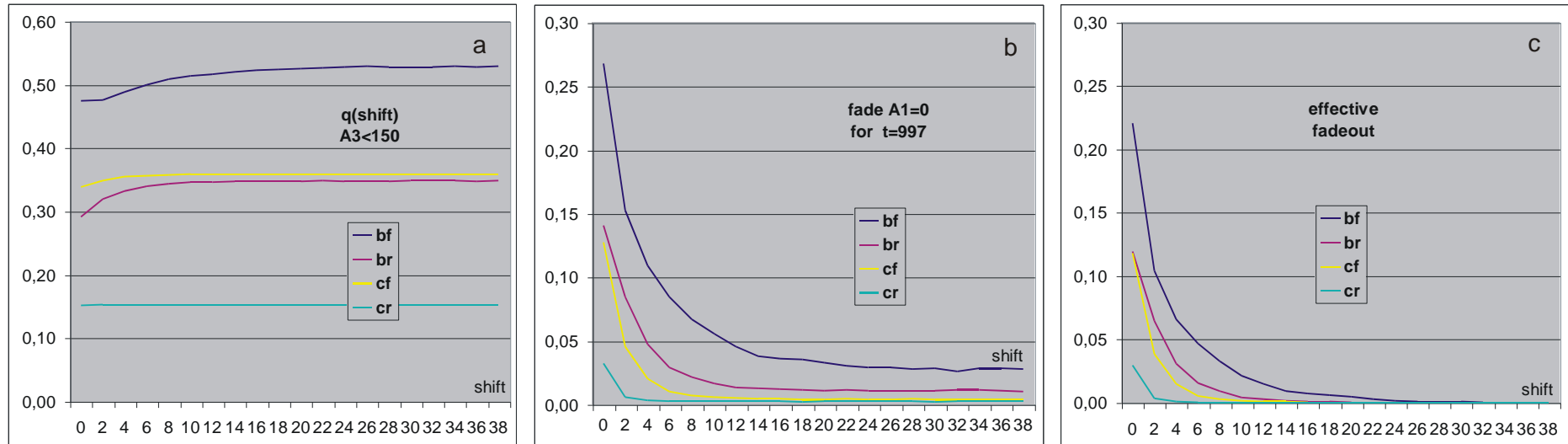
Stosowanie blokowania cofania szybko wyczerpuje możliwe zmiany kumulowalne i zmienność kumulowalna zanika, zmniejsza się też zmienność akceptowalna w ogóle. Statystyki w tych warunkach nie oddają aktualnego stanu parametrów q i c systemu. Trzeba więc dopuścić zmienność dowolną w niektórych passach M z 2 powodów - by zebrać statystyki i by odblokować zmienność. Można przyjąć, że nawet cofnięcie zmiany po skumulowaniu wielu innych zmian odbywa się już na tyle w innych okolicznościach, że jest to inna propozycja. Przyjęto więc przebiegi \ passy 1,7,13,19 i 20 za przebiegi bez ograniczeń zmienności (free), choć z kumulacją zmian. Po nich (1,7,13) od nowa gromadzi się informacje, które stany wejściowe danego nodu mają zmienioną funkcję i pomija się próby ponownej zmiany (blokowanie cofania).

Zmiana ewolucyjna w naturze odbywa się w ustabilizowanych warunkach, które możemy uważać za atraktor, ale bezpośrednio po zmianie system nie musi być na nowym atraktorze, może być na trajektorii do niego prowadzącej („dojście”). Aby więc następne zmiany dokonywane i testowane były w atraktorze, powinno się przesunąć punkt startu nowej trajektorii wzorcowej. Tu okazało się, że takie nawet niewielkie przesunięcie istotnie zmienia obraz zachowania systemu po inicjacji następną zmianą.

5.3 Problem zależności przesunięcia (shift) i typu wygasania, seria 34

5.3.1 Wyniki badań

Wykonano więc badania, jak zmienia się ten obraz z wielkością przesunięcia. Ich ostateczna seria symulacji ma symbol 34 (zagadnienie 3 wersja 4) i dotyczy formuł bf, br, cf i cr (model, sieć). Kumulację wykonują jedynie wstępne passy N. Kolejne passy M o określonym przesunięciu (shift zmienia się co 2 od 0 do 38) liczą stabilność bez żadnych ograniczeń inicjacji i bez kumulacji. Badano po 50 agregatów. Dla jednego agregatu jest $3 \cdot 400 = 1200$ inicjacji, więc dla 50 agr jest ich 60000 na pass w przedstawianych wynikach.

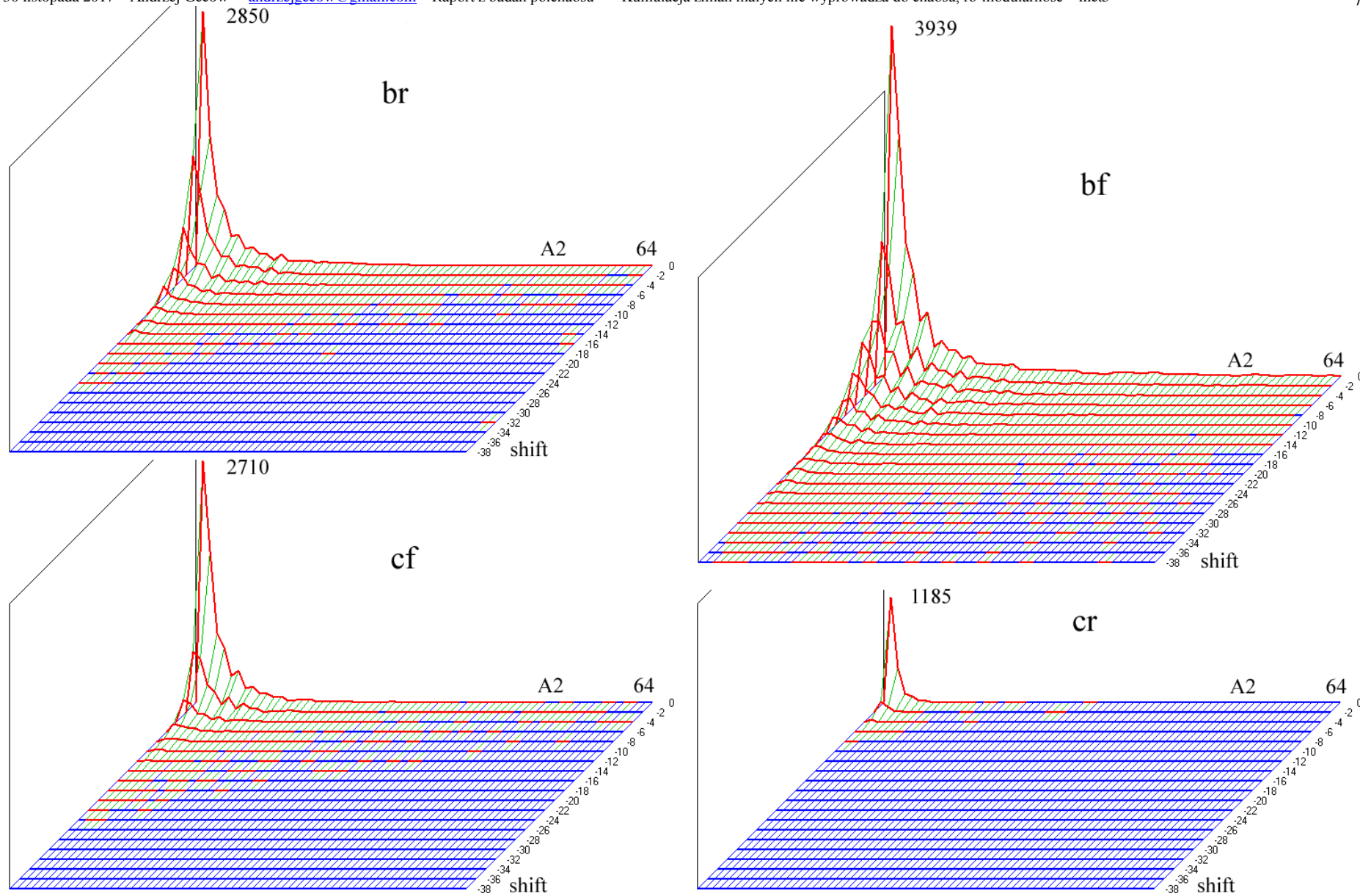


Rys.1. Podstawowe wyniki badania wpływu shiftu - przesunięcia punktu inicjacji, na obraz przebiegu zaburzenia dla modeli b i c oraz sieci f i r.
 (a) - Prawdopodobieństwo akceptacji $P(\text{akc}|\text{shift})$ gdzie akc to $A3 < 150$; inaczej - stopień porządku $q(\text{shift})$ - najważniejszy dyskutowany parametr.
 (b,c) - Prawdopodobieństwo wygaśnięcia damage po inicjacji. (b) - w dowolny sposób, także z wieloma wtórnymi inicjacjami ale akurat w $t=997$ $A1=0$.
 (c) - już skuteczne po pierwszej ini, tzn.: bez wtórnych ini. Ta możliwość całkowicie zanika z przesunięciem.

Badania te wykazały, że obserwowany na początku duży udział pełnego wygasania zmiany ($A1=0$) szybko maleje z przesunięciem (rys.1bc). Jak widać na rys.1a przesunięcie ma wpływ, choć niewielki, na podstawowy parametr - prawdopodobieństwo akceptacji $P(\text{akc})=q$ (stopień porządku = degree of order). Pełne wygaśnięcie pozwala na małe wartości $A2$ (suma $A1$ na tmx). Rozkład $A2$ w zakresie małych wartości $A2$ dla coraz większych przesunięć jest więc dobrym obrazem zjawiska (rys.2). Mamy tu (rys.1c) przede wszystkim udział wygasłych efektywnie, tj. za pierwszym razem i skutecznie do końca (bez wtórnych inicjacji ini2), oraz dla porównania: wygasłych w chwili $t=997$ (przy $\text{tmx}=1000$) zawierających także wygaśnięcia po wtórnych inicjacjach. To (rys.1b) dla każdego t jest na krokodylu (rys.8) linią niebieską. Na początku, bez przesunięcia, wygasanie stanowi około połowy zmian akceptowanych. Widać że effective fadeout spada praktycznie do 0. Jednocześnie stabilizuje się stopień porządku q (rys.1a).

Brak shiftu, lub jego małe wartości, pozwalają na pełne odwrócenie skutków wcześniejszych zmian, jednak upływ czasu likwiduje taką możliwość. Jest jednak zaskakujące, że mimo zablokowania przez przesunięcie tak prostego mechanizmu zniwelowania skutków, co prawda - zmiany zaakceptowanej, to degree of order (q) nieco rośnie, tzn. rośnie szansa akceptacji inicjacji.

Na podstawie tych wyników, aby główne badania były w stanie ustabilizowanym, przyjęto w serii 44 dla passów M przesunięcie 50 po każdej kumulacji.



Rys.2. Wpływ shift'u na $P(A_2)$, w zakresie $A_2 < 65$. Tak małe A_2 występują jedynie dla w pełni wygasłych – bez wtórnych inicjacji. Widać tu radykalną zmianę charakteru zjawiska z wielkością shift'u. Przy pikach w $A_2=1$ $shift=0$ podano liczbę zliczeń.

5.3.2 Przykład wyjaśniający

Zrozumienie tego zaskakującego zjawiska jest szczególnie istotne dla interpretacji wyników met5. Pomoże w tym skrajnie prosty przykład, który jednak wcale nie jest tak prosty do prześledzenia:

Zastosujemy oszczędną notację pozycyjną - na pozycji jest 1 znak – litera lub wartość, gdy wymaga więcej znaków zamykane są w nawiasy () :

nlt = ('nod') ('link' = i-input | o-output) ('time'); oraz stan wyjścia nodu lub jego wejść wskazują sygnały o wartościach z zakresu 0-3 lub symbolicznie litera;

Stan wejściowy dla K=3 wejść nodu wskazują 3 litery lub cyfry.

Na początku wszędzie (w wymiarze n oraz t) jest stan 0 z def PAS0 (nit=000; not=0 dla każdego n, t).

Nod 6 podaje swój wynik na wejście nodu 9: $9it=xy(6ot)$. Na razie $x=y=0$.

Następuje ini (inicjacja, zmiana permanentna) nodu 6 dla wej =000 (w t-1) wyj (w t) było 0 jest 3. Jest ona widoczna począwszy od t=1 (w 6o1).

Ogólnie not jest wynikiem funkcji nodu n z argumentem ni(t-1); można by notować $not = n(ni(t-1))t = n(xyz)t$; wtedy zmiana permanentna byłaby: $n(000)t = 0$ na =3.

Niech zmiana działania sieci (damage) na tyle wygasa w kilku krokach, że nie dochodzi zwrótnie do wejść nodu 6, tj.: nie zmienia 6it dla jakiegokolwiek t, więc pozostaje ono stałe $6it=000$, więc $6o(t \geq 1)=3$ także stałe.

Po tej zmianie $9i1=003$ (bo $9it=xy(6ot)$) i tak ($9it=003$) jest zwykle dla każdego $t \geq 1$, gdy x oraz y nie uległy zmianom, a było $9it=000$, nastąpiła więc zmiana $9it$ stałej 000 dla każdego t na stałą 003, ale oprócz t=0, gdzie pozostało 000. Także $9(003)? = 9o(t \geq 2) = c$ jest stałe, ale **$9i0=000$** więc $9(000)1=9o1=0$.

W takim stanie następuje ini nodu 9: $9(000)? z=0$ na =1, więc **teraz $9o1=1$ ale $9it=000$ występuje jedynie dla t=0**, co stwierdziliśmy wyżej.

Zmiana wygasa tu więc w 1 kroku skutecznie, nie ma tu wtórnych inicjacji.

Gdyby jednak po akceptacji i kumulacji zmiany nodu 6 nastąpił shift nawet o 1, to ini nodu 9 nastąpiło by dla $9i0=003$ a nie dla 000 i gdyby ona wygasła, to natychmiast pojawiła by się wtórna inicjacja, bo $9it=003$ występuje dla każdego t.

Należy zapamiętać, że większość zmian funkcjonowania polega na zastępowaniu w trajektorii początkowych stałych stanów 0 na inne stałe wartości, co daje stan zbliżony do PAS. Odstępstwem od PAS jest owa mniejszość ograniczona jednak rozmiarami przez warunek małej zmiany. Dlatego tak często pojawiają się PASy (Point Attractor System), co widać na [rys.7b](#), [9f2](#), [h1](#). Dla serii 34 nie widać powodów do pokazywania „krokodyli”, ich rolę lepiej spełnia powyższy przykład.

5.3.3 Lód i niezależność pętli

Trzecim zadaniem met5 jest sprawdzenie tezy nazwanej „ro-modularnością”, że specyfika tego obszaru polega na wielu krótkich, prawie niezależnych pętlach. Bliższa analiza tej mglistej koncepcji wykazuje, że dwie pętle o różnych okresach, np. małych liczbach pierwszych, nie mogą mieć wspólnych nodów, gdyż warunki na działanie takich nodów byłyby zbyt rygorystyczne, tj ich prawdopodobieństwo wystąpienia wygląda na zaniedbywalne. Pętle takie muszą więc być rozdzielone „lodem” jak nazywa to Kauffman, czyli nodami o stałym stanie wyjściowym. Wyżej przytoczony przykład i wynikający z niego obraz funkcjonowania sieci daje nadzieję na takie właśnie niezależne małe pętle rozdzielone lodem, gdyż mechanizm zmienności utrzymuje dużo lodu. Jest to obraz w zasadzie identyczny do opisu obszaru uporządkowanego w RBN: małe jeziora aktywności w lodzie, jednak system ma parametry, które system losowy definiują jako chaotyczny. Badany tu system nie jest losowy, bo startuje ze specyficznego stanu. Dalej badano temat wielu małych pętli na kilka sposobów.

5.4 Zaawansowana seria 44 – passy M free i z blokadą cofania, shift=50, progi długości atraktora.

Badane zjawiska mają wiele aspektów, które należałoby uwzględnić dążąc do głębszej i poprawnej interpretacji oraz wyjaśnienia. Jednocześnie jednak rośnie złożoność opisu i wyniki stają się trudne do przekazania w sensownie krótkim raporcie. Seria o symbolu 44, uznana ostatecznie za podstawową, raczej przekroczyła ten próg złożoności. (Symbole wynikają z rozwoju badań i widnieją na bezpośrednich wynikach symulacji.)

Przyjęto tu (jak w serii 34), że dla passów N bezpośrednio po kumulacji nie ma shiftu, ale jest przed passem N2 i to o $t=498$. Natomiast w passach M po każdej kumulacji shift=50. Prezentowane wyniki pochodzą głównie z symulacji 200 agr. ('4+7+20'), uzupełnionych początkowo serią 5 na **rys.5** ze 100 agr. ('4+7'). Pod koniec badań wykonano jednak istotnie uzupełnioną w innych aspektach serię do 100 skutecznie osiągniętych passów M20 formuły '4+7', która w większości wyników przewyższa dokładnością pierwotną serię 200 agr. Wartości: 4,7 i 20 to progi na 'długość atraktora' przy kumulacji od N1, M1 i M7. Atraktor ma być nie mniejszy od odpowiedniego progu przy kumulowaniu. W serii '4+7' brak progów w M7, gdyż ten temat został już dostatecznie rozpoznany. Passy 'free' to M1,7,13,19,20. Są to passy bez ograniczeń blokady cofania: każda ini jest sprawdzana, każda zmiana akceptowalna nie PAS jest kumulowana jeżeli atraktor nie jest za krótki.

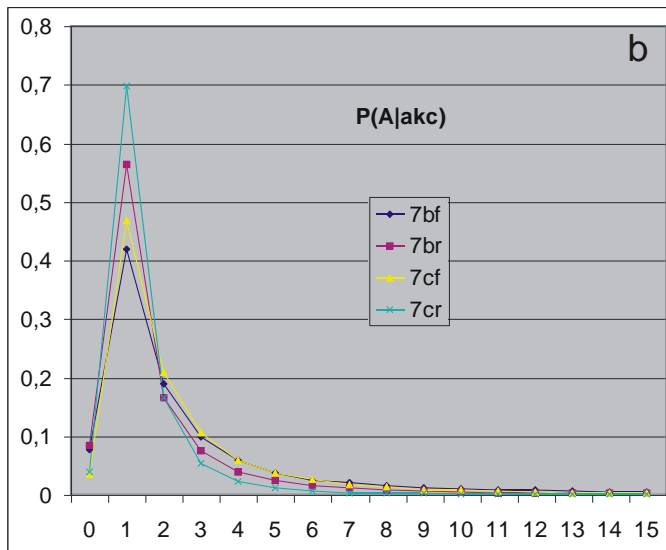
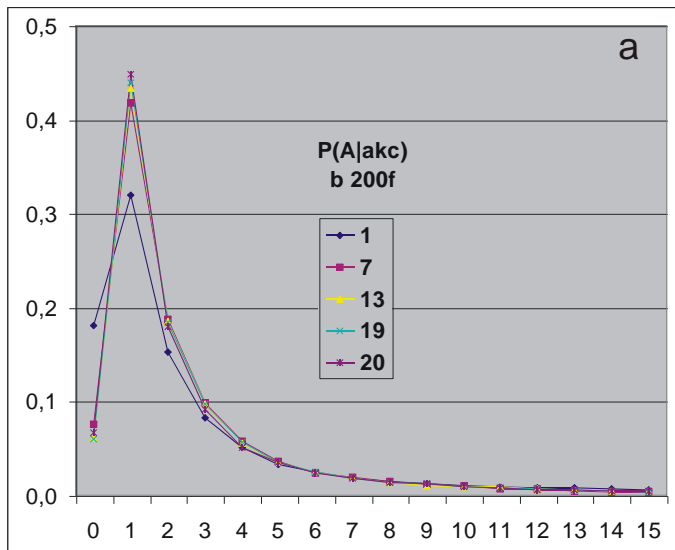
Przypomnijmy: cele met5 to: 1- wykazanie, że w obszarze pobliskim PAS0 ewolucja może się toczyć długo bez koniecznego zbliżenia się i przejścia do chaosu, oraz 2 - osiągnięcie tej granicy z chaosem, by ustalić charakter tej granicy. Są to cele nieco sprzeczne, jednak próbując zbliżyć się do tej granicy przez nielosowe, tendencyjne dobieranie zmian, i mimo to nie osiągając jej, a nawet nie zbliżając się do niej zauważalnie, uzyskujemy częściową odpowiedź na drugie pytanie i silniejszą na pierwsze.

Podstawową drogą do owej granicy powinno być zwiększanie długości atraktora. Wymuszono więc ten kierunek przez kumulację zmian dających atraktory ograniczone od dołu. W wyniku dobrania najwygodniejszych parametrów zastosowano w passach N $atr.>=4$, w passach M1 do 6 $atr.>=7$, od M7 do 19 $atr.>=20$ a w ostatnim, M20 $atr.$ nie mógł maleć. Długość atraktora była wyznaczana przez poszukiwanie stanu sieci z tmx idąc w tył. Stan z tmx z chwili rozpoczęcia passu był zaznaczany nad górną linią „krokodyla”, **rys.7a1,b1; 9b**. Dokładniejsze badanie położenia pierwszego atraktora pokazuje **rys.7e**.

W celach optymalizacji i porównywalności passów M dla celów statystycznych, jeżeli po passie free 1 lub 7 nie znaleziono przypadku do kumulacji, lub po passie N2 sumaryczna liczba skumulowanych zmian <101 , to dalsze liczenie tego agregatu przerywano, gdyż w następnych kilku passach na pewno nie byłoby kumulacji.

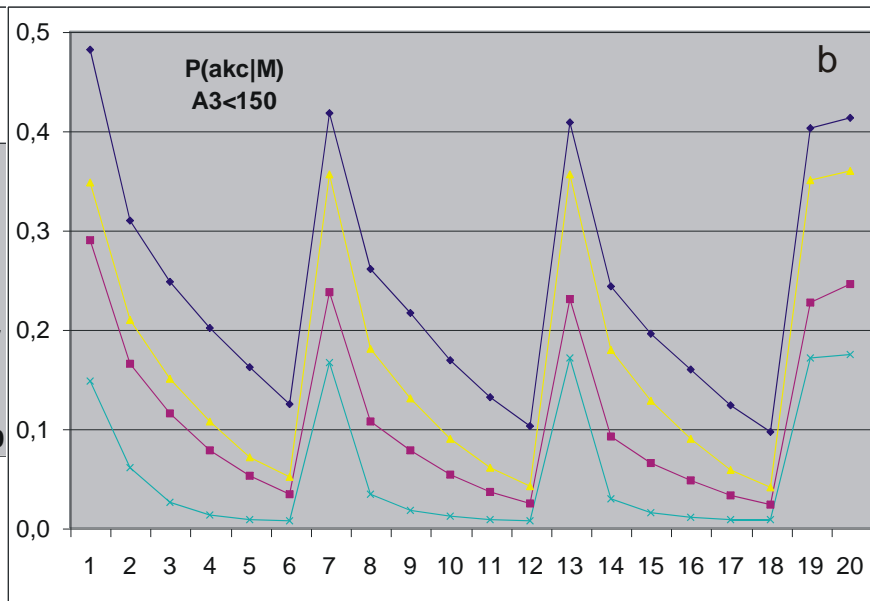
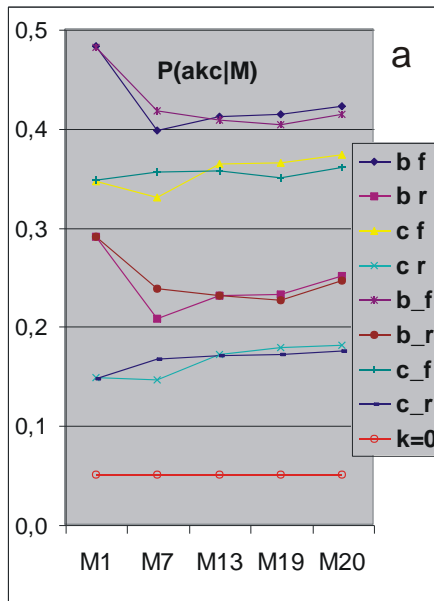
Kształt lewego piku dla passów free jest praktycznie identyczny oprócz passu M1, którego postać wynika jeszcze z innych reguł passów wstępnych (N). Na **rys.3** są one unormowane do ich sumy, tj. liczby zaakceptowanych, czyli $P(A1|akc)$. Podobnie jest dla wszystkich 4 badanych formuł oraz obu serii '4+7+20' i '4+7'. Różnice między formułami pokazuje **rys.3b**. Prawdopodobieństwo akceptacji jednak nieco wzrasta podczas kumulacji (w kolejnych passach free), także z wyjątkiem passu M1 (**rys.4a**). Nie świadczy to o oczekiwanym zbliżaniu się do granicy chaosu, gdzie spodziewać się raczej należy spadku tego prawdopodobieństwa. W serii '4+7' wzrost widać (**rys.4a**) dopiero w M20, co każe wiązać go z wymuszeniem długości atraktora w M7, czyli eliminacją agr o krótszych atraktorach. Jest to efekt odwrotny od spodziewanego.

Należy rozróżnić: akc to jedynie warunek, że wielkość zmiany wynikowej mierzonej przez A3 jest $<$ od progów $t_u = 150$, natomiast kumulacja oprócz tego została obłożona warunkiem nie PAS i (w serii 44) $atr.>=$ określonego poziomu. Ponadto, na **rys.4b** pomiar $P(akc)$ dla passów nie free jest zdeformowany przez blokadę cofania.



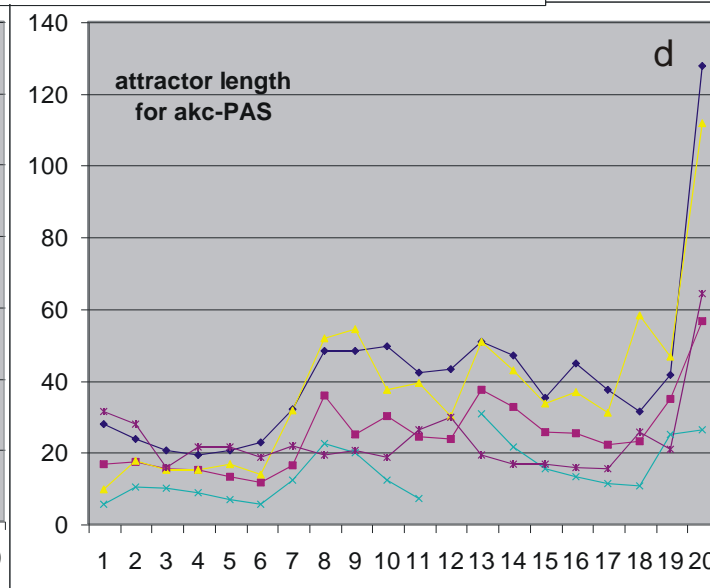
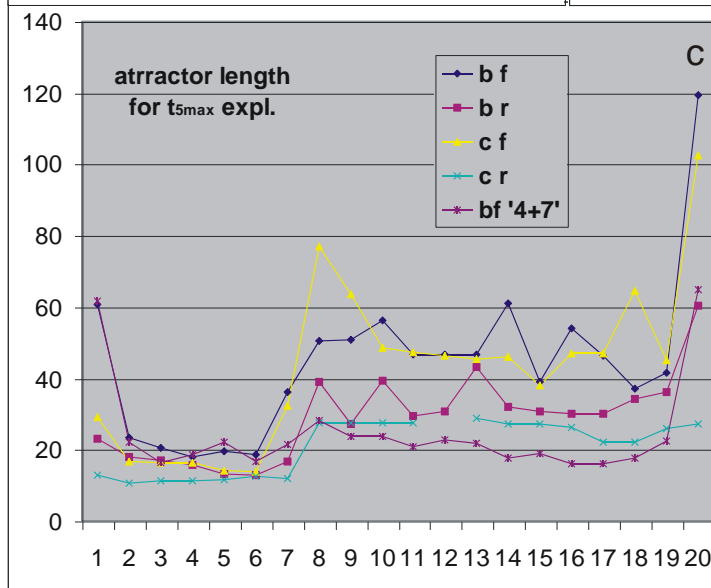
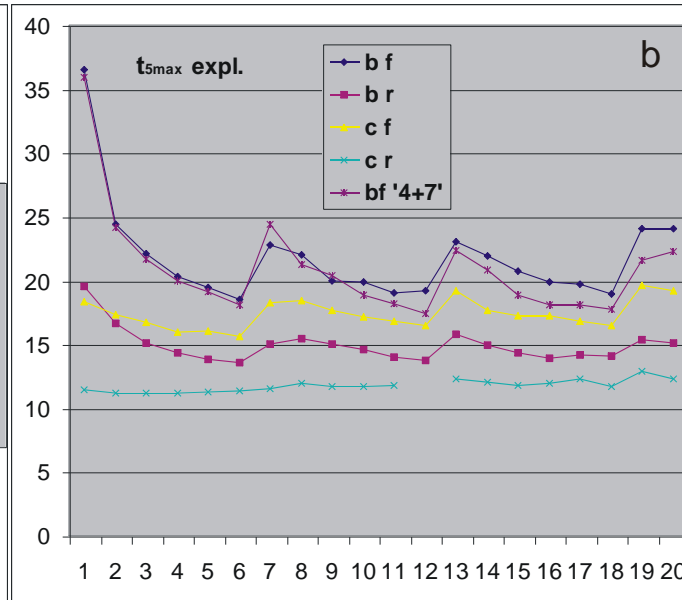
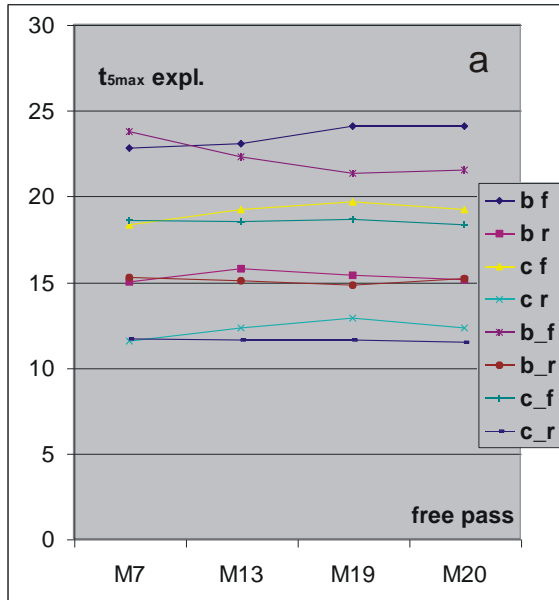
Rys.3. Kształt lewego piku $P(A1)$ w postaci $P(A|akc)$ w początkowym zakresie, dla passów free, w serii 44 '4+7+20' (po 200 agr). (a)-dla formuły bf ale podobnie wyglądają pozostałe. (b)-porównanie piku lewego w formułach dla M7. W serii 44 '4+7' wyniki są niemal identyczne.

Rys.4. $P(akc|M) = q(M)$. M – numer passu typu M. (a) - dla passów free w serii '4+7+20' i późniejszej '4+7' 100M20 (4 dolne z '_'), wpływ $k=0$ dla sieci r. W serii '4+7+20' q nie maleje, a nawet lekko rośnie wraz ze wzrostem liczby skumulowanych zmian, nie widać więc



oznak zbliżania się do chaosu, ale w '4+7', gdzie nie ma eliminacji na progu $atr \geq 20$ w M7 brak jest tego wzrostu. Własności M1 wynikają z wcześniejszych passów N. W serii '4+7+20' przypadków jest: liczba $agr * 3 * 400$ na pass, ale liczba agr spada po N2, M1 i M7 (w wyniku nie znalezienia ani jednego przypadku do kumulacji, odrzucone więc zostają agregaty o mniejszym $P(akc)$) z 200 do 198,196,200,200 po N2 odpowiednio dla formuł bf,br,cf,cr, (w modelu c N2 szuka do skutku); do 180,145,118,45 po M1; do 110,50,47,4 po M7. W serii '4+7' liczy do 100 passów M20, ale M1 jest odpowiednio: 111,132,165,434. (b) - dla wszystkich passów M seria '4+7+20'. Tu dodatkowo spada liczba ini z 1200 nawet do 0 (M12 dla cr) w wyniku blokady cofania, nie jest to więc akc w ogólnym sensie.

Widać tu silny wpływ blokady cofania.



Rys.5. Średni czas 5 najpóźniejszych eksplozji (a,b) oraz średnia ‘długość atraktora’: (c) – wzorca dla 5 najpóźniejszych eksplozji, (d) - dla akc ($A_3 < 150$) ale nie PAS, jako miary zbliżania się do granicy z chaosem. 200 agr dla każdej formuły ‘4+7+20’ (atraktor ≥ 4 od N1, ≥ 7 od M1, ≥ 20 od M7) i 100 agr dla bf ‘4+7’ na (b,c,d), natomiast na (a) 4 dolne (z ‘_’) z serii ‘4+7’ do 100 M20.

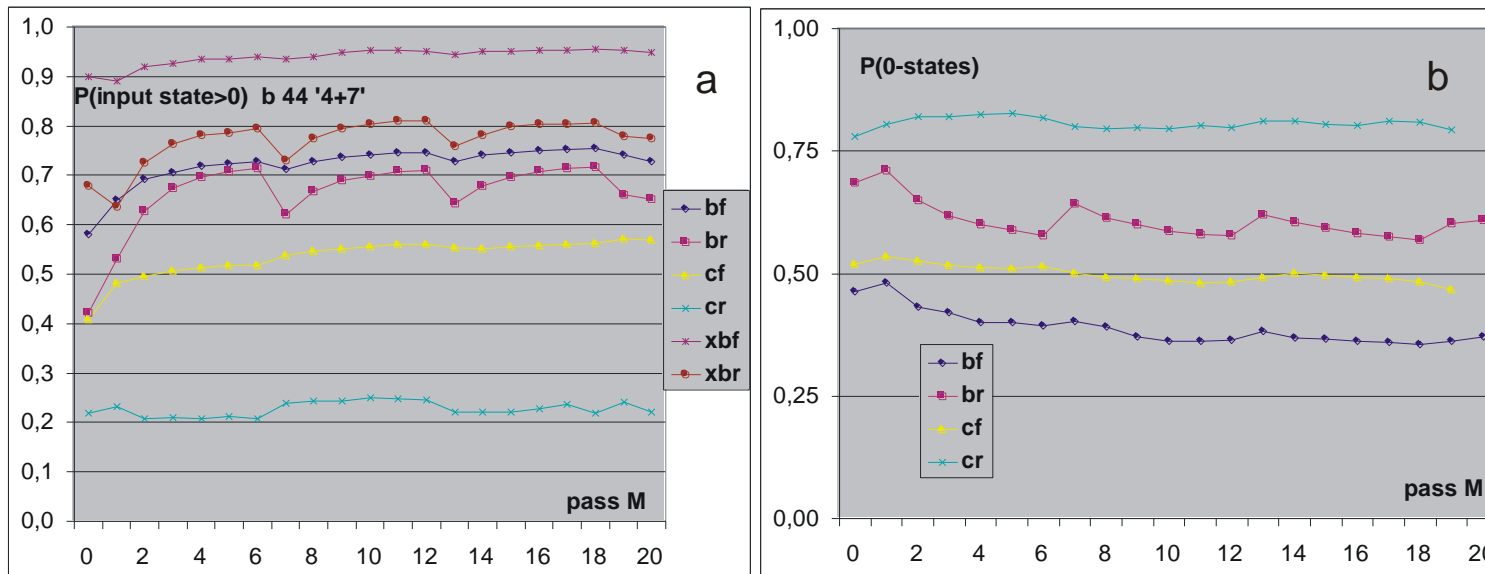
Stopień zbliżenia się do granicy lub wejście w przygraniczne obszary chaosu, charakteryzuje dla danego passu średni czas t eksplozji dla 5-ciu najpóźniejszych eksplozji (rys.5a i b). Bliżej chaosu eksplozje powinny zdarzać się także później i likwidować tym resztki pików lewego. Takiej ogólnej tendencji nie widać na rys.5a, na 5b natomiast w obszarze zablokowania zmienności eksplozje kończą się coraz wcześniej.

Czas najpóźniejszych eksplozji powinien być związany ze średnią ‘długością atraktora’ wzorca (rys.5c) w chwili tych eksplozji (długość dojścia do atraktora+pierwszy obrót, ale dojścia nie mierzono, patrz rys.7e). Należy pamiętać, że wielkość atraktora wraz ze wzorcem może zmieniać się po każdej kumulacji, a także, że na odcinku M1-6 obowiązuje warunek kumulacji $atr \geq 7$ a na M7-19 $atr \geq 20$ i po M7 proces jest przerywany, gdy ten warunek nie jest spełniony. To odrzucenie agregatów o mniejszych atraktorach, nie zdolnych do pokonania owego skoku uwarunkowania, jest przyczyną wzrostu po M7 na rys.5c i 5d. Seria bf ‘4+7’ wykonana bez skoku w M7 na $atr \geq 20$, tylko z utrzymaniem warunku $atr \geq 7$ aż do M19 włącznie, jest bez tego wzrostu i biegnie dalej

na zbliżonym poziomie. Po passie M7 procesy o strukturze sieci dające małe $atr < 20$ są wycięte i średnia podnosi się. Ostatni pass M20 ma warunek niemaleńcia atraktora, co oczywiście daje wzrost średniej przez niedopuszczenie zmian obniżających. Rys 5a,b i c to dane z 5 najpóźniejszych eksplozji natomiast 5d dla porównania z 5c (gdzie można badać jedynie atraktor wzorca) pokazuje średnią dla akceptowalnych ($A_3 < 150$) z pominięciem przypadków PAS o $atr = 1$. Daje to pogląd o potencjalnym stanie systemu, bo część z tych przypadków nie jest kumulowana, gdyż daje za mały atraktor. Mimo odmienności reguły, oba te rozkłady są bardzo zbliżone.

Seria bf '4+7' na **rys.5b** oprócz efektu nieznacznego obniżenia czasu najpóźniejszych eksplozji (co widać także na **rys.5a**, gdzie zamieszczone są wyniki z serii '4+7' do 100 M20), daje pogląd na dokładność tych pomiarów. Czas najpóźniejszych eksplozji okazuje się dość nieczuły na spore fluktuacje 'długości atraktorów', które wahają się od wymuszonej ww. dolnej granicy do 900, (900 zastępuje wszystkie większe). Te fluktuacje mają silny wpływ na średnie, szczególnie dla późniejszych passów niż M7 z uwagi na małe wartości próby (patrz opis **rys.4**). Ten problem ominięto w serii do 100 M20 (**rys.5a**). Pominięcie tu badania czasu dojścia do atraktora wynikało ze wstępnej oceny skuteczności shiftu, jednak stabilizacja uzyskana w serii 34 (**rys.1**) nie jest głównie wynikiem istotnego zbliżenia do atraktora, a odsunięcia od chwili zmiany permanentnej. Wyjaśnia to podany wyżej (w opisie serii 34) przykład. Wielkości dochodzenia do atraktora oceniono po eksperymencie 44 na podstawie atraktora na wejściu do passów M zaznaczonego u góry na rysunkach „krokodyli”. Okazało się, że dla sieci r nie ma zdarzeń o dochodzeniu ponad $t=100$ ani nie znalezionych atraktorów, a dla sieci f typu b i c na odpowiednio 2708 i 1510 przypadków wystąpiło jedynie 8 (z czego 6 w M1) i 1 dojść >100 , oraz 10 i 5 przypadków nie znalezienia atraktora. Są to dostatecznie małe udziały by nie wpływały na uzyskane wnioski, tym bardziej, że w tych przypadkach nie obserwuje się dłuższego odcinka występowania eksplozji do chaosu (późnych eksplozji). Później wykonane dodatkowe badania pokazane na **rys.7e** potwierdziły ten wniosek. Spadek maksymalnego t eksplozji (**rys.5b**) po passie free jest zrozumiały - jest tam mniej przypadków dopuszczonych do prób, więc rekordy są mniejsze. Passy free mają te wartości niemal identyczne (**rys.5a**). (Pominięto M1 jako zbyt bliski wstępnym passom N.)

Stabilność maksymalnego t eksplozji, podobnie stałość długości atraktora są utrzymywane przez warunek małej zmiany ($A3 < 150$). Stabilności te świadczą o nie zbliżaniu się do granicy chaosu, gdzie parametry te powinny wyraźnie rosnać. Początkowo nawet maleją (M1), co jest wynikiem innej formuły wstępnych passów N, bez przesunięcia po każdej kumulacji. Stąd wniosek, że **przesunięcie** (które ma zbliżać do atraktora) **działa stabilizująco a dojście do granicy chaosu wymaga destabilizacji**. Okazało się, że **niemal żadne późne eksplozje nie są wynikiem wtórnych inicjacji po wygaśnięciu**. Ogólnie (dla bf, $t_{mx}=1000$) około 0.06 przypadków wygaśnięcia do $A1=0$ skończyło w passach N na eksplozji, a w passach M około 0.015. Ma to istotny wpływ na obraz mechanizmów, gdyż początkowo można było przypuszczać, iż to właśnie wtórne inicjacje po wygaśnięciu są przyczyną konieczności wpadania w chaos i były powodem, dla którego zbudowano model PAS0 badany w met4, a obecnie w met5 'rozszerzany'. Mechanizmy okazują się więc bardziej złożone, niż przypuszczano.



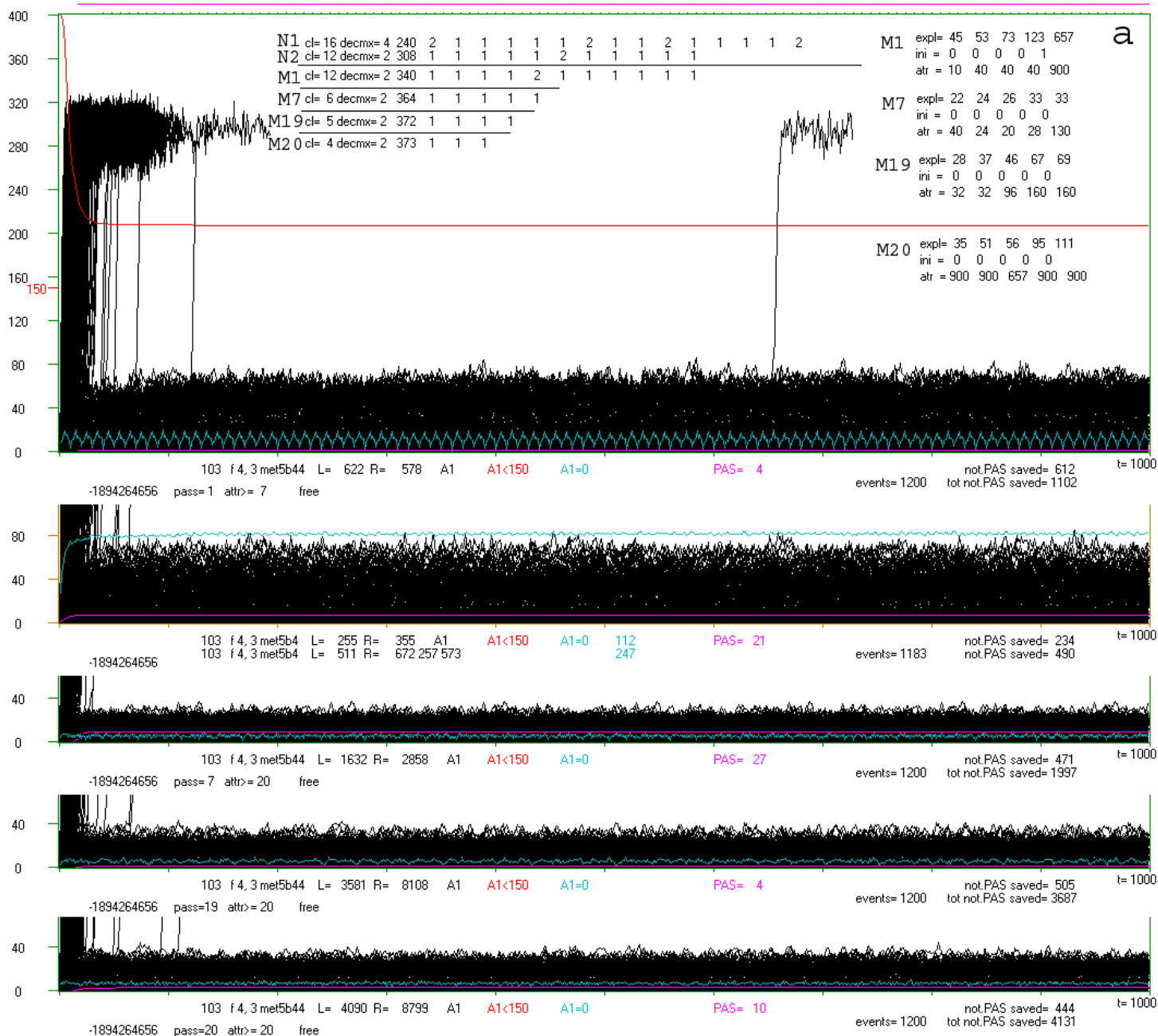
Rys.6. Odmienność osiągniętego stanu systemu od początkowego PAS0. Dane z serii '4+7' 100 M20. $M0=N2$. Prawdopodobieństwo (a) niezerowych stanów wejściowych i (b) zerowych wyjściowych, które pojawiły się w wyniku kumulacji. Stan losowy dla (a) to 63/64, ale nie widać, by nawet formuła bf zbliżała się do tej wartości. W serii '4+7+20' otrzymano identyczne wyniki. Nie były one spójne z prowizorycznymi dla stanów 0, które w pełni dokładnie uzyskano w serii 100M20 '4+7'. Krzywe 'xbf' i 'xbr' pokazują oczekiwane

wartości $=1-P(0)^3$ dla stanów wejściowych ($K=3$ sygnały) na podstawie stanów wyjściowych pokazanych na (b). Okazało się, że przyczyną tej rozbieżności jest większa powściągliwość przed zmianą stanu nodów o większym k – liczbie wyjść, których więcej jest w sieci f niż w r. Stan losowy dla (b) to $1/4$, do którego zbliża się bf, mimo to zachowanie bf nie jest chaotyczne. Przyczyny różnic, szczególnie formuły cr, nie są znane. Można uznać, że poziomy ustabilizowały się i poza cr świadczą o znaczącym odsunięciu od PAS0.

Proces kumulacji miał odsunąć stan systemu od początkowego, skrajnego stanu PAS0. Udział PAS w akceptowalnych spadł z ponad 0.9 w met4, początkowego 0.1 w passach N met5 44, do 0.01 w końcowych passach M. Lepszym miernikiem tego odsunięcia może być m.in. liczba stanów nie 0 w sieci. Początkowo badano stany wejściowe nodów złożone z $K=3$ sygnałów. Dla w pełni losowego systemu udział nie zerowych powinien wynosić $1-(\frac{1}{4})^3$, czyli 63/64, ale jak widać na **rys.6a**, do tej wartości daleko ma nawet bf. Okazało się jednak, że prowizoryczna, kontrolnie otrzymana wartość prawdopodobieństwa wyjściowego sygnału 0 około 0.36 nie jest zgodna z ww. oczekiwaniem. W nowej serii 44 '4+7' 100M20 sprawdzono więc sytuację dokładniej. Okazało się, że nody o większym k – liczbie wyjść mają częściej nie zmieniony od początku stan wyjściowy, a reguła $1-P(0)^3$ tego nie uwzględnia. Na **rys.6a** przedstawiono udziały niezerowych stanów wejściowych dla formuł bf,br,cf,cr. Oprócz wyników pokazano oczekiwaną wartość na podstawie wyników udziałów zerowych stanów wyjściowych (**b**), która leży istotnie wyżej.

Passy free (bez blokowania cofania) w modelu b wyraźnie przywracają odchylenie. Stopień zbliżenia do stanu losowego formuły bf pozwala stwierdzić, że obserwowane silne odstępstwo od zachowania chaotycznego nie może być wynikiem zachowania pierwotnej preferencji stanów 0 podobnie istotnej w pozostałych formułach. Różnice widoczne na prostszym interpretacyjnie **rys.6b** mogą być tłumaczone średnimi liczbami skumulowanych zmian na agregat w M20 odpowiednio: bf, br, cf, cr = 3976, 2300, 3086, 1267, jednak brak nachylenia związanego z narastaniem tej wartości komplikuje sprawę.

Przedstawione na **rys. 3-6** statystyczne podsumowania serii 44 wymagają szerszej interpretacji, przede wszystkim wskazującej na charakter rozrzutu jakościowego. Ten rozrzut wynikający z ogromnej różnorodności podsumowywanych zjawisk i ich złożoności, jest przyczyną braku możliwości sensownego wskazania błędu przedstawionych wyników statystycznych. Charakter badanych zjawisk wspaniale pokazują w wielu aspektach na raz wyniki zgromadzone w postaci krokodyli. Zobrazowanie to pozwala na rozmaite skojarzenia, wykrywanie korelacji i wyjaśnień. Nie sposób przedstawić tu $200*21*4=16800$ krokodyli z podstawowej serii 4+7+20, ale trzeba pokazać (**rys.7**) przypadki szczególne i przykłady typowe. Nie jest też celowe powtarzanie w tekście szerokiego opisu.

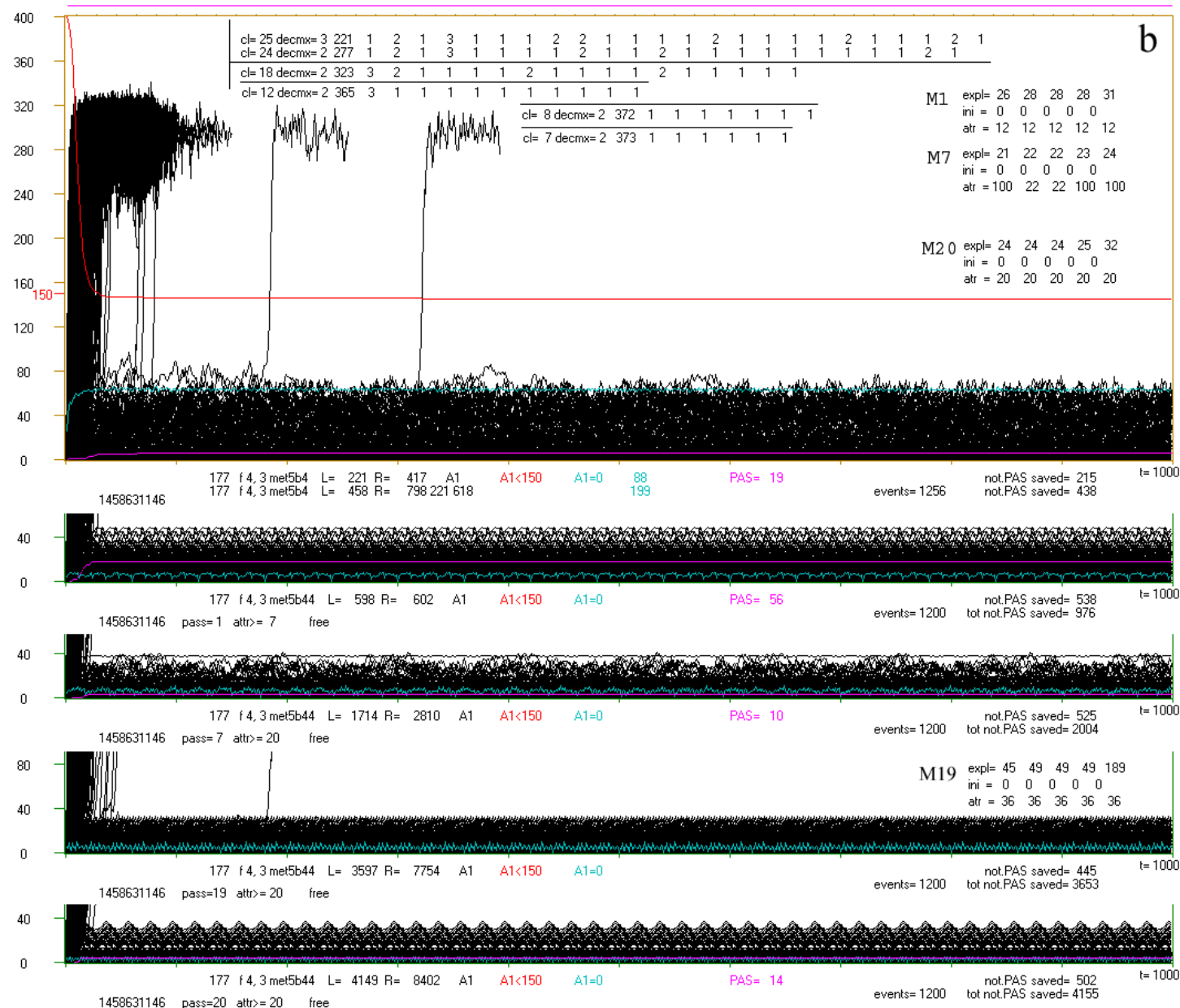


Rys.7. Wybór ‘krokodyli’ z serii b 44. Są one upakowane graficznie. Seria c 44 nie jest w tym aspekcie ciekawa. Rys. na jednej stronie oznaczono kolejną literą, a przypadkiem na danej stronie cyfrą licząc od góry. (a) i (b) to historie dwóch najbardziej ‘chaotycznych’ sieci (103 i 177), ale daleko im jeszcze do chaosu. (c) przedstawia różnorodność przebiegów bf, głównie dobranych ze względu na późne eksplozje. (d) przedstawia mały rozrzut przebiegów w serii b r 44, dając pogląd o jeszcze cieńszych krokodylach serii c f i r 44, których nie pokazano. (e) położenie atraktorów dla f 103 (a) i f177 (b).

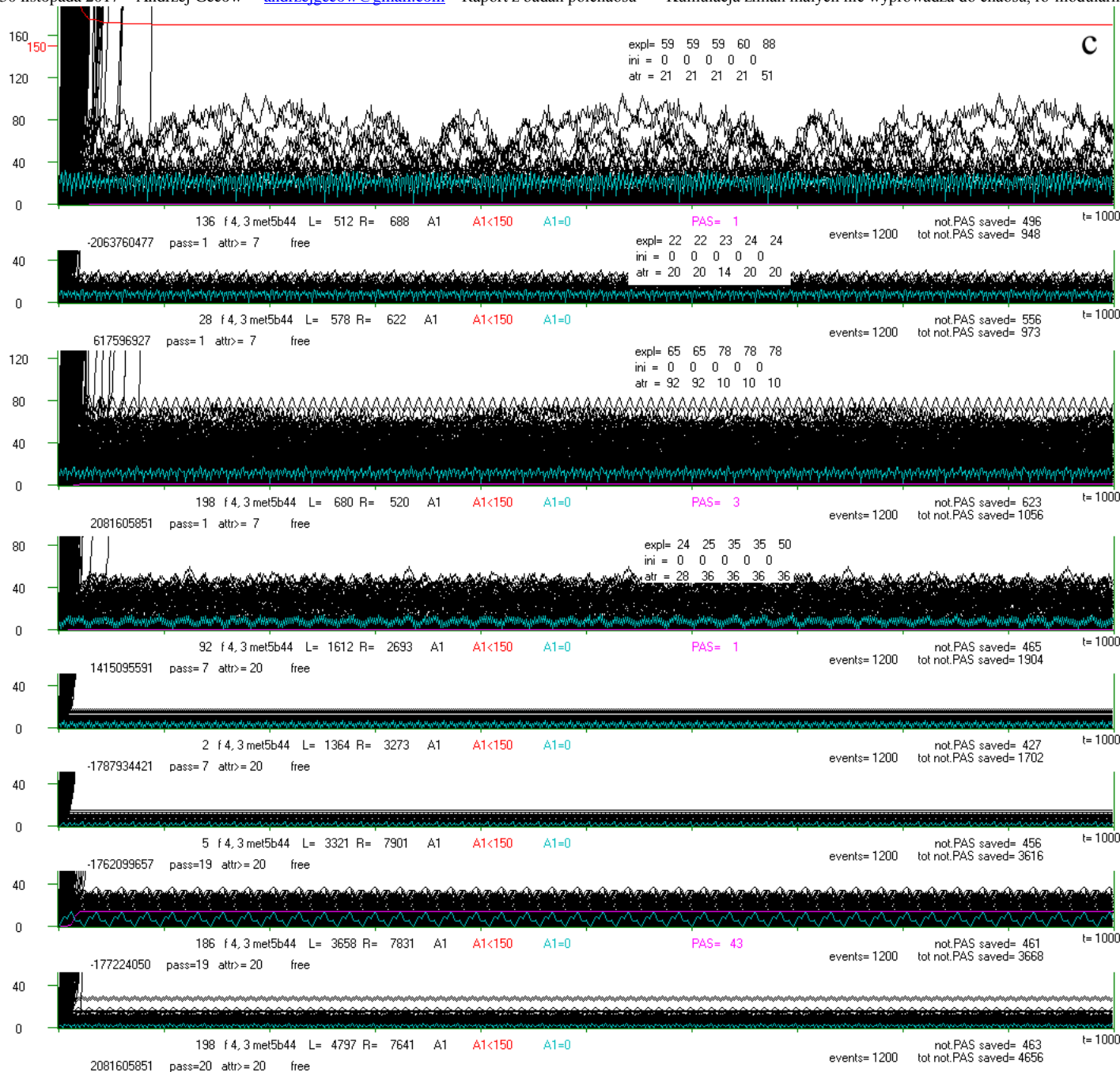
(a1) pokazuje najpóźniejszą eksplozję w serii 44. Jest to pass M1. W rys. wkopiowano dane spoza przedstawianego obszaru także niżej pokazywanych passów, dotyczące klastrow i parametrów 5 najpóźniejszych eksplozji. Na górnej ramce zaznaczono atraktor wzorca na początku passu, jego długość =8 (po prawej). (a2-5) to kolejno: (2) passy wstępne N1 i N2, (3) M7, (4) M19 i (5) M20 w którym atraktor niemaleje i wychodzi poza zakres identyfikacji dając symboliczną wartość 900.

Mimo to najpóźniejsza ksplozja jest w $t=111$. Dokładniejsze przedstawienie atraktorów dla passów na (a) i (b) na (e).

(b) przedstawia po kolei historię agregatu bf 177, drugiego w serii 44 pod względem najpóźniejszych eksplozji do chaosu. Tu ta ekstremalna cecha utrzymała się dłużej –



najsilniej widać ją w passach wstępnych N pokazanych na początku (b1) i w całości, ale jeszcze w passie M19 jest eksplozja w $t=189$. Tu jednak pass M20 kończy z atraktorem 20, choć w passie M7 zdarzały się 100 a w pominiętym tu passie M10 nawet 670 z najpóźniejszą eksplozją w $t=34$. W opisie pięciu najpóźniejszych eksplozji po środku jest linijka 'ini' w której wskazany jest numer inicjacji, jeżeli eksplozja nastąpiła po wygaśnięciu. Jak widać wśród (a,b,c) jedynie na (a1) poprzedzona była wygaśnięciem i wtórną inicjacją (atraktora nie wykryto tu w badanym zakresie $tmx=1000$). Na rys.(a i b) zebrano też dane o klastrach (patrz a1). Po cl= jest liczba klastrów na końcu passu. Ich liczebności są wymienione po prawej, decmx= wskazuje maksymalną liczbę klastrów jednocześnie się łączących. Jak widać, przy tej regule definiującej klastry powstaje jeden wielki klastr i kilka małych, zwykle ostatnio utworzonych. Nad górną ramką w (a1 i b1) zaznaczony jest zakres występowania PAS, a tym samym kolorem w ramce ich udział, a pod ramką liczba takich przypadków. W pokazanych passach waha się od 56 (b2) do 0 Czerwona linia opisana jako $A1<150$ wskazuje $q(t)$ (wtedy w



górnym rogu jest 1 zamiast 400).
Wartość ta jest funkcją progu 150.
Linia niebieska pokazuje udział
wygaśnięcia do $A1=0$.

Poziom tego zjawiska zależy od przesunięcia (shift), co badane było w serii 34. Tu widać, że dla passów N (a2 i b1) jest on szczególnie wysoki. Sam 'krokodyl' (linie czarne) to nałożenie 1200 przebiegów $A1(t)$, przy czym po eksplozji (przejściu progu = 150) liczone i rysowane jest jeszcze 70 kroków t, gdyż spadki w met5 się nie zdarzają.

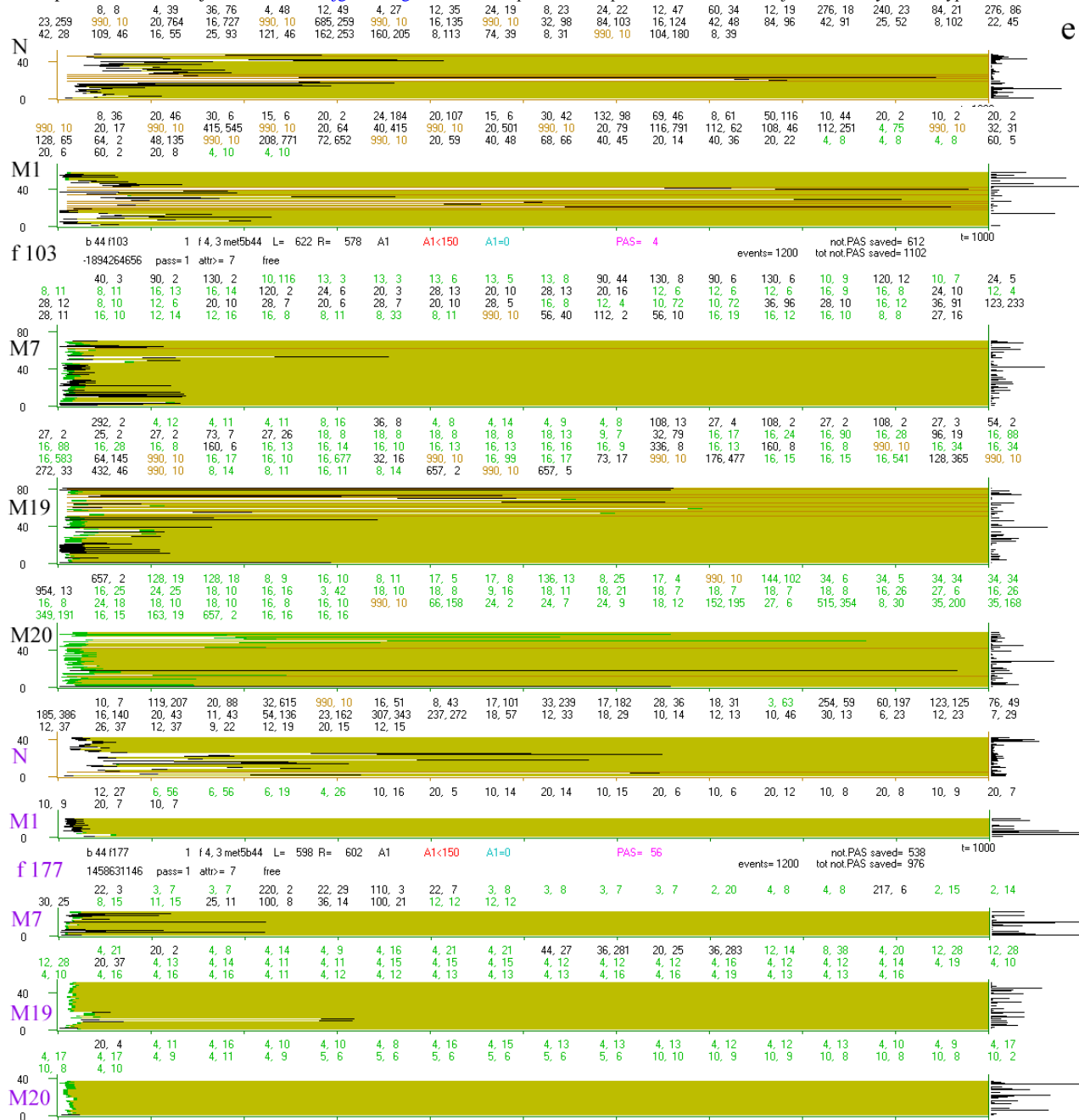
Za prawą ramką na (a i b) pokazano w pionie które nody uległy zmianie w kilku kolejnych początkowych kumulacjach, tworząc A4. Szczególnie na (a1) widać, że są to zwykle te same nody.

(c) obrazuje przede wszystkim różnorodność typowych przebiegów w serii 44, jednak (c1-4) dobrane zostały także dla zobrazowania zakresu późnych eksplozji. Wyraźnie widać, że charakter 'krokodyli', mimo dobrania zmian skierowujących proces do chaosu, prowadzi jednak do większej stabilności – najpóźniejsze eksplozje zdarzają się w passach początkowych a ostatnie passy są stabilniejsze (cieńsze i eksplozje kończą się w mniejszych t).



(d) przedstawia typowe krokodyle w serii br 44, czyli dla sieci ‘Random’ Erdosa –Renyj. W porównaniu z siecią f – scale free jest ona znacznie stabilniejsza, nie widać tu żadnych oznak zbliżania się do chaosu, także nie widać późnych eksplozji. Grubość dolnego czarnego pasa (dolnej szczęki krokodyla) czyli lewego piku jest średnio znacznie mniejsza od stanu dla sieci f, a ekstremalne przebiegi (2,6,7) są bardzo cienkie w porównaniu z (c1,c3,c4,b1,a1,a2).

Obraz krokodyli w serii cf 44 jest zbliżony do tu pokazanych dla serii br 44. Natomiast seria cr 44 to cienie jak (d8) lub cieńsze, i gładze, bez żadnej widocznej struktury.



e

(e) Uzupełniające badanie atraktorów na przykładzie tych samych passów modelu b f 103 pokazanych na (a) oraz f 177 na (b). Dla każdego passu wypisane są kolejne atraktory i ich pozycje w chwili pierwszego znalezienia. Wartości 990 wyróżnione innym kolorem symbolizują brak wykrycia atraktora. Kolor zielony oznacza przypadek akceptowalny, ale nie kumulowany z powodu zbyt małego atraktora. Czarny – to kumulowane znalezienie atraktora. Tymi samymi kolorami są one zaznaczone poniżej. Diagram poniżej przeznaczony jest do analizy w powiększeniu pozwalającym widzieć pojedyncze piksele. Kolejne linie wskazują wykrycie atraktora o innej długości niż we wzorcu, dopisywane są u góry. Tylko kumulacje (czarne) zmieniają wzorec. Linia rozpoczyna się białym odcinkiem dojścia, dalej odcinkiem pierwszym atraktora, po nim do tmx jasnozielona linia to obecność atraktora. Po prawej każdy przypadek kumulacji bez zmiany długości atraktora dopisuje piksel w prawo. Oba przykładowe agregaty należą do najmniej stabilnych (późne eksplozje) co na tych diagramach koreluje z przypadkami późnego wykrycia atraktora. Po każdej kumulacji (o ile pozostaje ten sam atraktor) przesuwa się o 50 w lewo, czego tu nie widać, ale widać ile tych kumulacji jest. Zwykle więc odcinek biały przed wejściem w atraktor (dojście) jest bardzo krótki. Późne wykrycia zdarzają się istotnie częściej w początkowych passach, co tłumaczy późne eksplozje, które mogą pojawiać się do końca pierwszego atraktora. Propozycje większych atraktorów zdarzają się częściej w początkowych passach, a w końcowych przeważają propozycje (zielone) skrócenia atraktora. Proces ma więc jakiś mechanizm stabilizujący. Oprócz passów N i dwóch późnych atraktorów w M19, przypadek f 177 można uznać za dobrze reprezentujący pozostałe sieci. Pass M20 jest zwykle pomiędzy pokazanymi tu dla f 103 i f 177.

5.5 Uproszczona seria 45 z intencją zbliżenia do chaosu, shift=2, niemalenię atraktora, $A3 > 2$

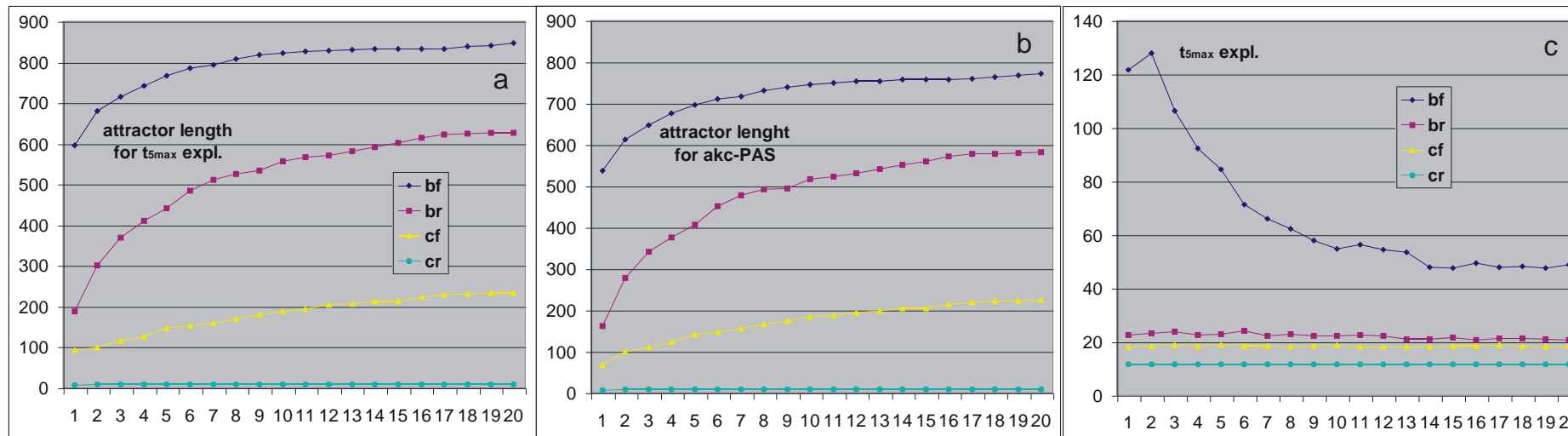
Seria 44 odpowiedziała na podstawowe pytanie (1): Spora kumulacja zmian, nawet wybranych tendencyjnie by kierowały do chaosu, nie dała zauważalnych symptomów zbliżenia do chaosu, mimo wyraźnego oddryfowania od startowego PAS0. Ewolucja może więc długo toczyć się w tym obszarze bez groźby koniecznego wejścia w chaos. Jest to znacznie większy podobszar systemów chaotycznych, niż sam PAS wskazany w met4. Pozostało niewykonane zadanie (2) zbliżenia się do granicy z chaosem oraz (3) uchwycenia ro-modułów.

Złożoność eksperymentu 44, szczególnie podział na passy free i ‘zwykłe’, utrudnia interpretację wyników, choć niewątpliwie jest to bardziej adekwatny model. Próbę zbliżenia do granicy chaosu podjęto więc także na modelu uproszczonym, bez odrzucania zmian wstecznych („blokowania cofania”), zakładając, że następny pass jest już po dostatecznej liczbie zmian wyraźnie zmieniającej okoliczności. Seria ta ma symbol 45. Blokowanie cofania zapobiegało także zamazywaniu skumulowanych zmian tego samego nodu uzyskanych w tym samym passie przez inną zmianę wartości funkcji dla tego samego stanu wej. Dopuszczenie takiego zamazywania pozwala jednak na prostszy pomiar stopnia porządku q i innych parametrów, gdyż daje jednakową liczbę ini w passie. Odstąpiono też od skokowego wymagania zwiększenia długości atraktora.

W serii 45 blokowanie cofania zastąpione zostało w dużej części przez nowy warunek niemalenię atraktora. Już w passie N2 atraktor startował od 4.

Nowe warunki istotnie zmniejszyły szansę na zmianę nadającą się do kumulacji, czyli silnie ukierunkowały proces w wyznaczonym kierunku. Spowodowało to trudności ze zgromadzeniem sensownej liczby zmian we wstępnych passach N by właściwy eksperyment zaczynał się w stanie wyraźnego odchylenia od wyjściowego PAS0. Dodano więc warunek na pass N1, by skumulował przynajmniej 30 zmian a pass N2 (wraz z poprzedzającym go przesunięciem) powtarzany był do 3 razy by skumulować razem przynajmniej 100 zmian.

Główną jednak zmianą względem serii 44 było drastyczne zmniejszenie shiftu z 50 do 2, by sprawdzić jego rolę stabilizującą i korzystając z jej ograniczenia wstępnie zbadać poblizę granicy z chaosem. Ponadto dodano czynnik, który powinien zwiększyć destabilizację - warunek kumulacji od passu N2 by $A3 > 2$, czyli średnie $A1$ na sporym ostatnim odcinku było conajmniej =3.



Rys.8. Brak zbliżania (oś pozioma to passy M) do granicy chaosu w serii 45 na podstawie (c)- średniego czasu eksplozji dla 5 najpóźniejszych eksplozji, mimo (a,b) - wymuszonego wzrostu ‘długości atraktora’. (a)-dla 5 najpóźniejszych eksplozji, (b)-dla akc. Parametr ‘długość atraktora’ okazał się w przybliżeniu średnią długością odcinka bez powtórzeń na trajektorii prowadzącej do atraktora wraz z długością pierwszego atraktora. Dokładniej na rys.9c.

Zbadano (tak, jak w serii 44 '4+7+20') po 200 agr dla 4 formuł bf,br,cf,cr. O ile dla br, cf i cr nie widać praktycznie żadnych oznak zbliżenia do chaosu (poza nieznacznym zwiększeniem częstości nieco późniejszych eksplozji), to bf wykazuje znaczny wzrost średniego czasu eksplozji dla 5 najpóźniejszych (rys.8c). Jednak wzrost ten jest najsilniejszy na samym początku procesu kumulacji, a w późniejszych passach szybko maleje ze 130 do około 48, gdzie wydaje się wchodzić w plateau. W przypadku pozostałych formuł utrzymuje się stały poziom dla br i cf około 20 a dla cr około 11.5. Tymczasem, zgodnie z wymuszeniem 'długość atraktora' rośnie dla modelu b znacząco (rys.8a,b) co nie skutkuje wzrostem czasu eksplozji. Zwrócono więc uwagę na szczegóły pomiaru „długości” atraktora, czyli na poczynione uproszczenia.

Okolicznością wprowadzającą błąd zmierzonej wielkości atraktora jest ograniczenie pomiaru do $tmx=1000$ i użycie wartości 900 dla przypadków niewykrycia atraktora. Założono bowiem na podstawie obserwacji z serii 44, że brak wykrycia wynika z długości atraktora, więc do średnich użyto dużej wartości. Jednak brak wykrycia atraktora w serii 45 wynikał często z długości dojścia do atraktora a nie z długości atraktora, który bywał bardzo mały ($atr=10$, dojście=2918 na rys.9c1 lub 3, 2809 na c2). Należy tu zauważyć, że ta niezbyt celnie zinterpretowana wartość długości atraktora była użyta w warunku kumulacji. Praktycznie użyty parametr znaczył w tych przypadkach w sporym przybliżeniu odległość do wejścia w drugi obrót atraktora. W obu przypadkach jednak daje on pogląd na wielkość odcinka bez powtórzenia sekwencji wzorca, które to powtórzenie daje istotnie zwiększoną szansę na brak dalszych eksplozji. Mimo zwiększania tego odcinka czasu, czas do najpóźniejszej eksplozji zmniejsza się. Nie sięga on bezpiecznych granic wskazanych przez 'długość atraktora', co świadczy o jakichś mechanizmach zwiększających stabilność wraz z kumulacją tak wybranych zmian.

Widoczna na rys.8c wyraźna odmiennność passu M1 dla bf wynika z większego $P(akc|t)$ w passach wstępnych, wystarczającego, by rzadko korzystać z dodatkowych passów N2 i dodatkowych przesunięć aż o 498 dla już skumulowanych zm. Pozostałe formuły wykorzystują te dodatkowe passy N2 częściej, co zwiększa efekt przesunięcia. W wyniku w serii 45, tylko dla bf w kształcie piku lewego widać odmiennność passu M1 jak na rys.3a w serii 44.

Znaczny wzrost średniego czasu eksplozji dla 5 najpóźniejszych widoczny głównie na początku procesu (rys.8c) dla bf, szczególnie rzuca się w oczy na rys 'krokodyli' (rys.9a1), co silnie sugeruje oczekiwane zbliżanie się do granicy z chaosem. Eksplozje zdarzają się na tyle często i późno, że w niektórych przypadkach można podejrzewać, iż gdyby odcinek tmx był dłuższy, to stopień porządku ($P(akc|t)$ - czerwona linia) spadłby całkowicie, co jest jednym z kryteriów chaosu. Wykonano więc dodatkową symulację dla 38 agr wybranych z 200, w której zastosowano $tmx=10000$ lub 5000. Aby badać dokładnie te same procesy trzeba było pozostawić punkt decyzji o kumulacji w starym miejscu $t=1000$. Dodatkowo wypisano (góra rys.9a2,b i rozszerzone na 9c,d) kolejne długości atraktorów badane wstecz od nowego, większego tmx . Eksperyment ten (o symbolu b45-) dał 3 istotne odpowiedzi:

1- Okazało się, że uzyskane atraktory bywają bardzo małe, ale pojawiają się później, niż koniec wcześniej badanego zakresu (czyli dla $t>1000$). (Na rys.9a2 zdarzył się nawet atraktor o długości 10, pass M1 rozpoczął się z atraktorem 648 - prawy górny róg zielonego prostokąta. Pierwsze pojawienie się stanu systemu z tmx wystąpiło w $t=1576$ zaznaczone na górnej krawędzi tego prostokąta. Więcej i dokładniejszych danych tego typu na rys.9.c i d)) Zmieniło to interpretację kontrolowanego parametru uważanego wcześniej za długość atraktora, o czym już wyżej pisano.

2- Żaden z 38 badanych przypadków (dobrych jako szczególnie bliskie chaosu) nie wszedł wyraźnie w chaos w zakresie przedłużenia badanego odcinka procesu. Dla dwóch agregatów (f 176 rys.9b i f 59 rys.9d), dla dwóch passów w każdym z nich przedłużony odcinek nie wystarczył do wyraźnego zakończenia późnych eksplozji. Podczas tych passów wykryte zostały rozmaite atraktory, także szczególnie duże, oraz 'nie znalezione' zaznaczone jako 9990, co tłumaczy tak późne eksplozje, i pozwala przypuszczać, że chaos nie jest tu osiągnięty i spadek q zatrzyma się na wyraźnie podwyższonym poziomie. W pozostałych 36 przypadkach z 38 eksplozje ustały na tyle, że nie sugerowały już późniejszego wejścia w chaos. Przypadek f 34 pokazany na rys.9a reprezentuje 36 z tych 38, z tym, że jest on z nich najbardziej ekstremalny. Wszystkie one dotyczą początkowych passów M1 najwyżej M4, a passy późniejsze są już „normalne”, prawie lub całkiem bez eksplozji powyżej $t=1000$, mimo, że zakres wielkości atraktorów bywa podobnie duży (nawet znaczący udział nie znalezionych) a ich początki podobnie późne, często powyżej $t=1000$. Od tego obrazu wyłamuje się pojedynczy przypadek f 59 (rys.9d), który tylko w M9,11 i 15 nie miał eksplozji późniejszych niż $t=100$, a późniejszych niż $t=1000$ w M6-15, 18, 19, jednak M16, 17 a szczególnie 20 mają wiele późnych eksplozji, M16 i 20 nawet powyżej $t=5000$. Mimo tego q nie spada poniżej 0.4. Eksplozji powyżej $t=1000$ jest tu rzędu 40, z czego istotnie więcej niż połowa to pseudo-eksplozje nie kumulowanych, lub kumulowanych przywracające przebieg stabilny. Trudno twierdzić, że jest to wyraźne zbliżenie do chaosu. Do f 59 nieco podobny jest dostatni z 38 wybranych, w którym wystąpiło kilka eksplozji powyżej $t=1000$ jedynie w późnym passie M14 (w pobliżu $t=2000$).

3- Przypadek f 103 (rys.9e) wykazuje w zakresie $tmx=1000$ nagłą zapaść chaotyczną w przypadkowym miejscu na osi t . Dokładniejsze zbadanie mechanizmu tego zdarzenia wskazało na przeoczony aspekt przesuwania (shift'u) i wyjaśniło niektóre zaskakujące obserwacje z odcinka przedłużającego śledzenie, oraz pozwoliło lepiej zrozumieć badane w met5 zjawisko ro-modularności. Skutek tego przeoczenia manifestował się jedynie w tym jednym przypadku i nie ma znaczenia statystycznego.

Aby wyjaśnić o co tu chodzi, wygodnie jest wpiąć opis własności hipotetycznej ro-modularności. ‘Półchaos’ jest to stan sieci (także o losowych połączeniach węzłów) o parametrach chaotycznych gdyby była w pełni losowa, w którym spora część inicjacji (małych zaburzeń permanentnych w funkcjach węzłów) daje małą wynikową zmianę funkcjonowania. Stan ten dla danej sieci jest małym podzbiorem stanów sieci. Druga, także spora część inicjacji ma typowy przebieg chaotyczny. **Jeżeli wzorzec (trajektoria systemu wzorcowego – nie zaburzonego), do którego porównywany jest przebieg po inicjacji, leży w ramach półchaosu, to stwierdzenie, że zaburzony przebieg też leży w półchaosie opiera się na małym odstępstwie od wzorca, istotnie mniejszym, niż odległość do równowagi Derridy.** To u nas mierzy A1, które ma być mniejsze od progu, a ten jest zwykle około połowy odległości do chaotycznej równowagi Derridy. Przekroczenie tego progu, to eksplozja chaotyczna, wejście do równowagi Derridy. Sieć zaburzona, która nie przekroczyła tego progu znajduje się więc w półchaosie i można ją zastąpić stanem sprzed zaburzającej zmiany permanentnej, co jest ewolucją. Jeżeli proces tego porównywania ze wzorcem wejdzie w drugi obrót atraktora, to dalej duże chaotyczne odstępstwo (eksplozja) nie powinno się już zdarzyć, ale gdy nie sięgnie tego miejsca, to tej pewności nie ma. Jeżeli nie ma przesunięć (shift’u), to zjawiska za tmx są nieistotne, ale gdy shift jest stosowany, to ostatni kawałek nowego wzorca, ten, co wcześniej był poza tmx , nie ma ‘atestu’, że należy do półchaosu. Jeżeli wychodzi z półchaosu, to każdy porównywany z nim przebieg nie wychodzący z półchaosu będzie w tym miejscu miał wielkie odstępstwo – będzie wykazywał eksplozję chaotyczną i zostanie odrzucony.

To właśnie zdarzyło się w ostatniej skumulowanej zmianie w passie N1 w sieci f 103, co przedstawia **rys.9e**. Przed passem N2 nastąpił shift=498 i dobudowanie wzorca na końcowym odcinku długości 498. W tym odcinku, po około $t=200$ od dawnego punktu tmx i około 300 przed nowym tmx , wzorzec ten wyszedł z półchaosu w sposób niekontrolowany. Ani w passie N2, ani w następnym M1 nie znalazł się ani jeden przypadek inicjacji, który byłby w stanie pokonać tę przeszkodę i zdobyć prawo do kumulacji. Nie jest to jednak kontrolowane małą zmianą wyjście z półchaosu do chaosu, bo ten kawałek wzorca nie był kontrolowany. Jest to zdarzenie wyjątkowo rzadkie, gdyż wymaga dużego prawdopodobieństwa eksplozji na dodawanym odcinku trajektorii wzorca.

W przedłużonym z $tmx=1000$ do 10 000 odcinku śledzenia sytuacja powyższego mechanizmu jest inna, bo wzorzec nie jest tu podstawą eliminacji. Niektóre kumulowane przypadki po punkcie decyzji w $t=1000$ doznają eksplozji do chaosu wpisując to do wzorca (czarne eksplozje na krokodylach **rys.9a2,b,d**, czerwona **rys.9c**). Nie wpływa to na następne przebiegi, poza tym, że w tym miejscu, mimo, że nie wypadają one z półchaosu, to manifestują eksplozję. (Na **rys.9a2,b,d** krokodyli przypadki akceptowane ale nie kumulowane są granatowe, tak jak i ich pseudoeksplozje na **rys.9c**.) Zmieniła sytuację następny stabilny kumulowany, który w tej okolicy nie opuszcza półchaosu (nie ma powodu eksplodować do prawdziwego chaosu) i udając taką eksplozję (jasnoniebieski na **rys.9c**) (z powodu odmienności od wzorca) przywróci poprawną trajektorię wzorca nie opuszczającą półchaosu. Linia czerwona, opisująca q , w zakresie przedłużenia (po kumulacji w $t=1000$) obniża się po każdej takiej pseudoeksplozji (kumulowanej – czarnej/jasnoniebieskiej i granatowej – akceptowanego, ale nie kumulowanego) nie uwzględniając „falszywego” wzorca, co powoduje nieadekwatny obraz kontrolowanej zmienności, zaniżający stopień uporządkowania q . Mimo to, jak widać na **rys.9a2,b,d**, poziom ten pozostaje wysoki.

To zjawisko jest ciekawe, istotne dla interpretacji eksperymentu 45-, ale dla opisu życia nieadekwatne, bo każda eksplozja do chaosu jest śmiercią i nie ma późniejszej odwrotnej, chyba, że ‘nie zdąży umrzeć do końca’. Taka interpretacja jest jednak szczególnie wyjątkowa, można z niej skorzystać gdy eksplozja jest np. w module, ale nie w całości systemu.

Rys.9. Zestaw wyników w postaci krokodyli z serii bf,r 45 w tym 45-. Miała ona głównie na celu zbliżenie się do granicy z chaosem i ewentualne rozpoznanie charakteru tej granicy, więc wybór przykładów także podporządkowany jest temu celowi.

Podobnie jak **rys.7** literami oznaczone są kolejne strony a cyframi – passy na stronie. Także w większości upakowano je graficznie głównie obcinając górną część krokodyla.

(a) najmniej obcięte oryginalne wyniki przypadku bf 34, w którym w zakresie $tmx=1000$ można było podejrzewać wchodzenie w chaos (a1), jednak po przedłużeniu śledzenia do $tmx=10000$ przypadek okazał się stabilny, choć z obszarem koło $t=1000$ o chwiejnym charakterze podobnym do (d).

(b) przypadek f 176, który nawet w przedłużonym do $tmx=10000$ zakresie nie sugerował wejścia w obszar stabilny w passach M1 i M4.

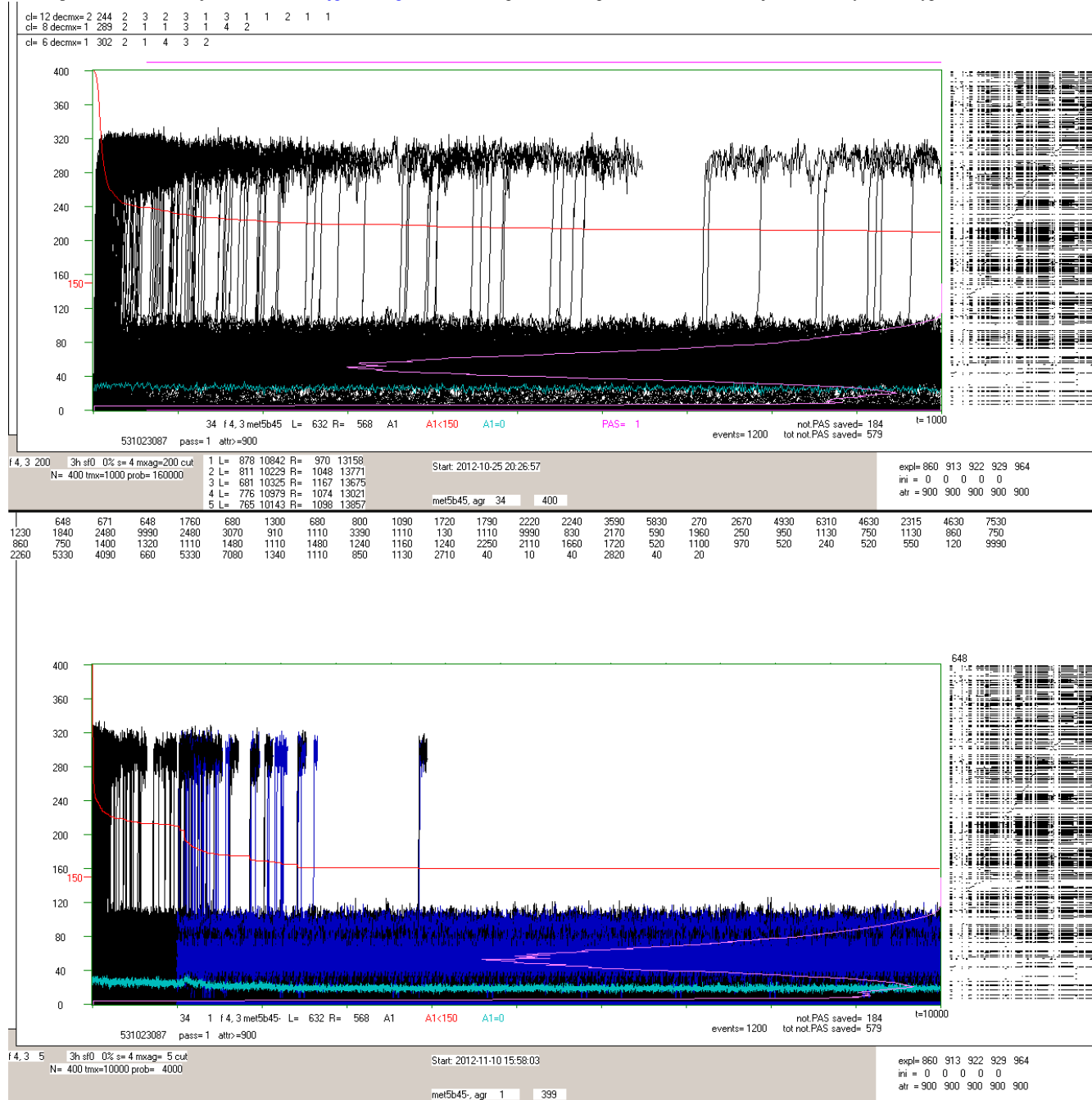
(c) dokładniejsza analiza położenia wejścia w pierwszy atraktor i jego długości, oraz eksplozji i pseudoeksplozji chaotycznych.

(d) f 59, w którym sporadyczne późne eksplozje sięgają $tmx=10000$ w późnych passach M16 i M20.

(e) f 103 - nieadekwatne załamanie chaotyczne w zakresie $tmx=1000$.

(f,g) przykłady typowych i różnorodnych zachowań w serii bf 45.

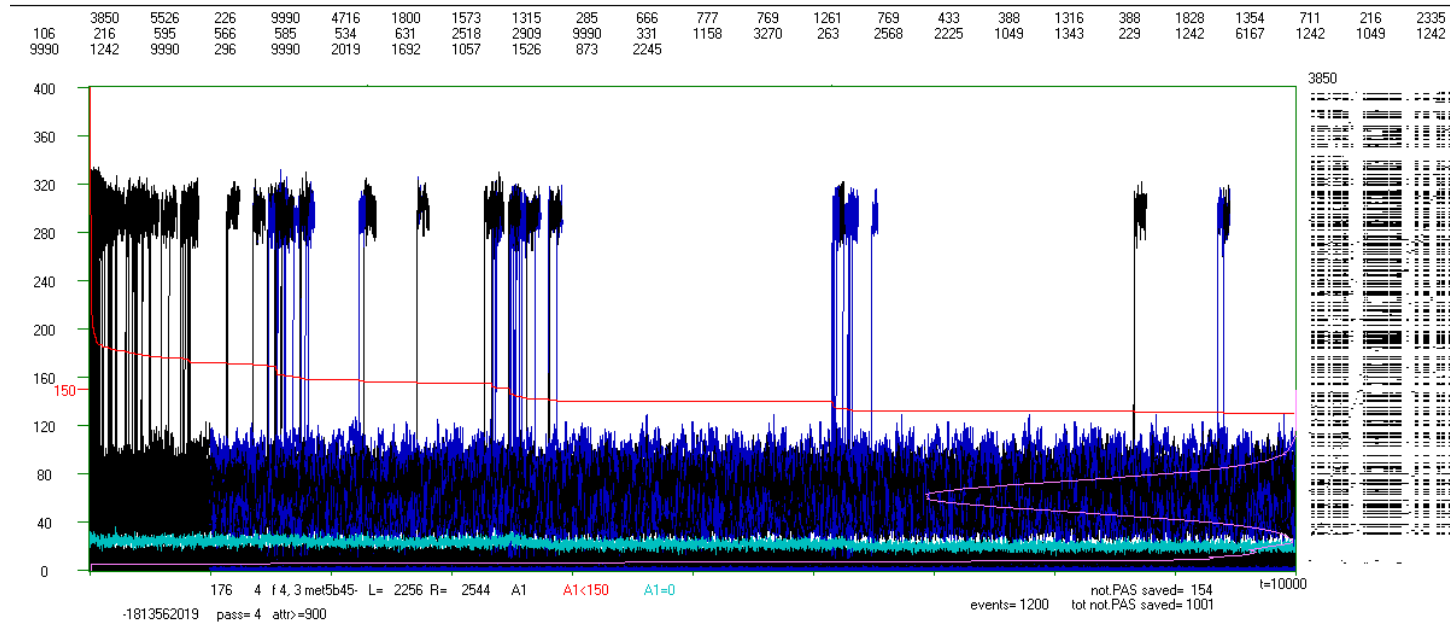
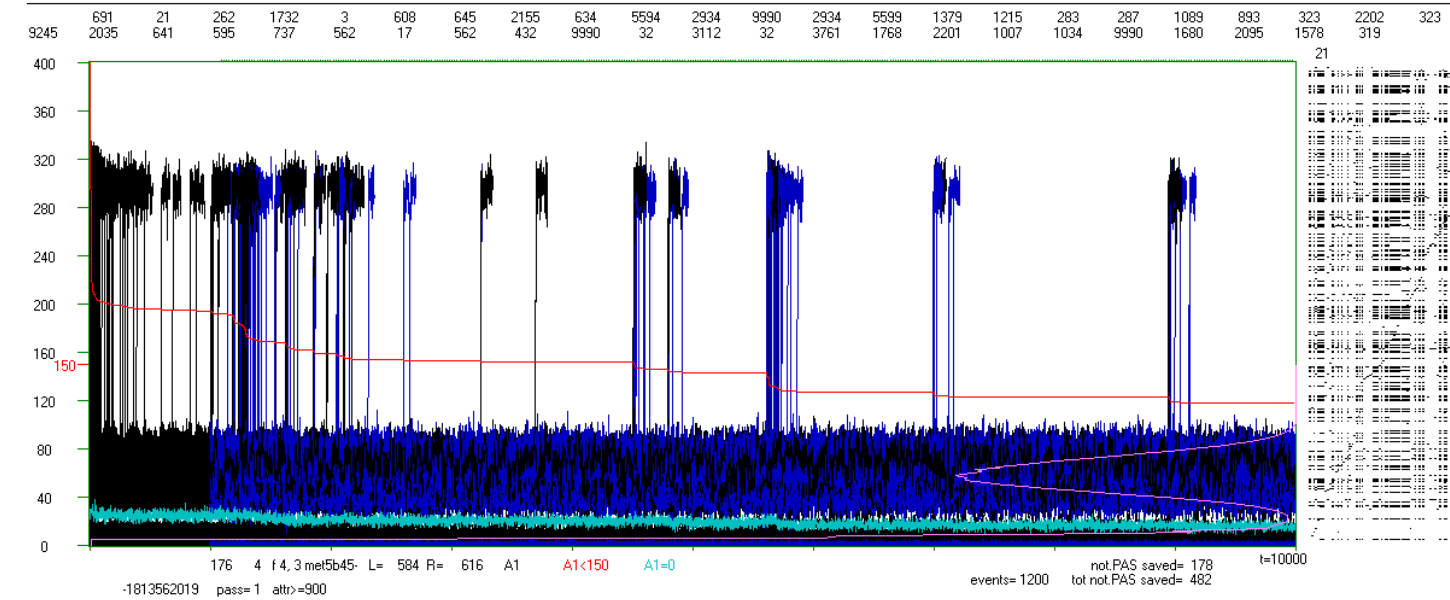
(h) ekstremalne i typowe przebiegi br 45.



(a) Przypadek udający wchodzenie w chaos w zakresie $tmx=1000$, po przedłużeniu do $tmx=10\ 000$ okazuje się stabilnym.

(a1) przebieg f 34 M1 w zakresie $tmx=1000$ sugerujący możliwość wchodzenia w chaos, gdyż eksplozje nie ustają do tmx . Bezpośrednio nad krokodylem podany jest zakres wystąpienia atraktora punktowego, a wyżej wyniki badania klastrow dla passów N1 i N2, pod kreską - danego passu M. Po prawej stronie od „krokodyli” – nody o zmienionych stanach dla skumulowanych. Jest ich w tym przypadku sporo, co wynika z grubości dolnego zakresu (szczęki krokodyla), choć zwykle są to te same nody (patrz rys.7b).

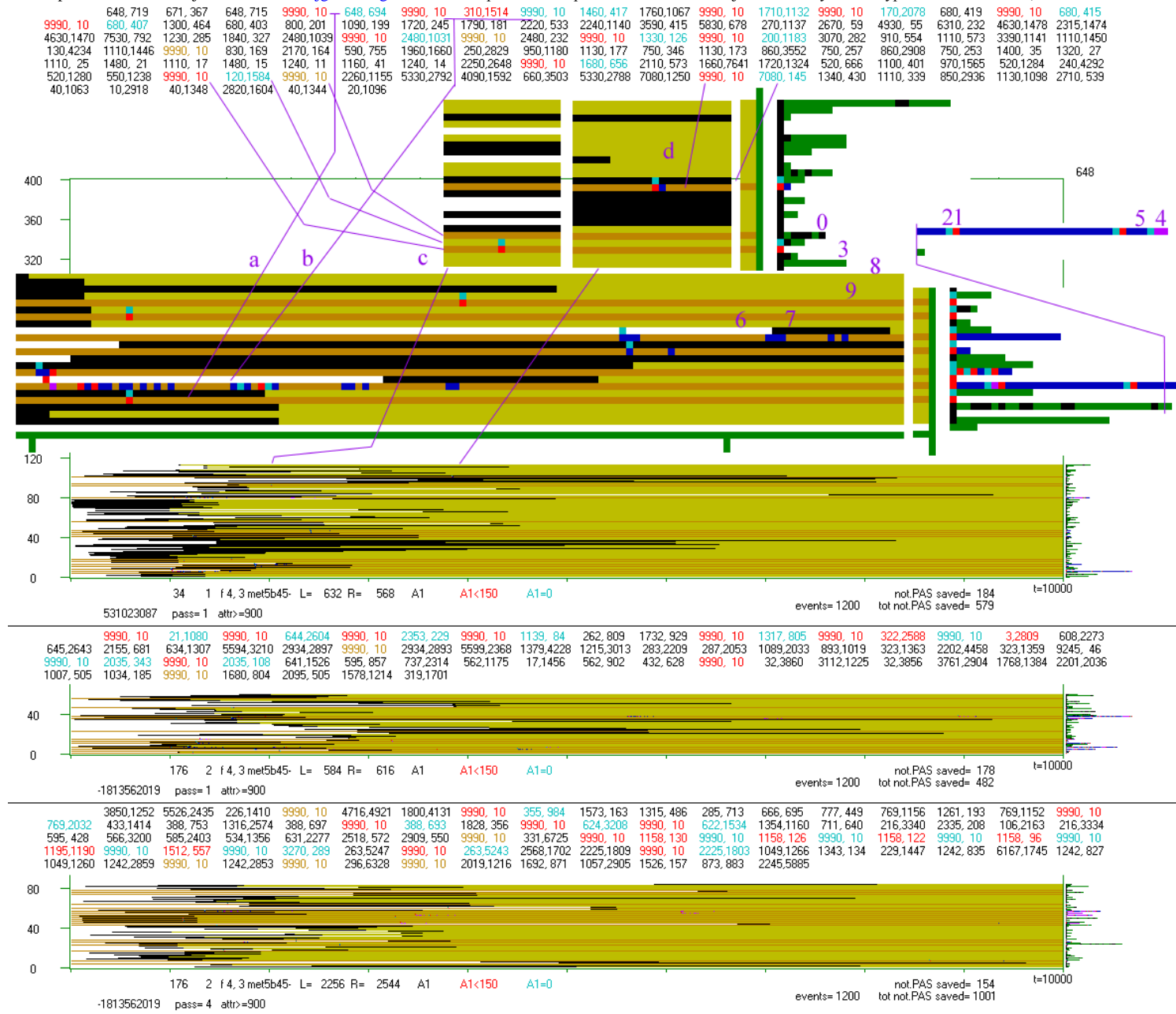
(a2) - Ten sam przypadek f 34 M1, ale badany do $tmx=10000$. Decyzje o kumulacji podejmowane tak jak uprzednio na $t=1000$. Granatowe przebiegi na dodatkowym odcinku dotyczą przypadków akceptowanych ale nie kumulowanych (ostatnie zamazują poprzednie, głównie dla obserwacji dynamicznej). Tu nad „krokodylem” podane są kolejne atraktory znalezione wstecz od $tmx=10000$. Mimo braku znalezienia atraktora na początku w (a1), tu (a2) atraktor na początku wynosił 648 (prawy górny róg zielonego prostokąta), ale zaczynał się w $t=1576$. W dolnym zakresie krokodyla do progu=150, na jego prawej ścianie pokazano leżącym wykresem częstości A1 na odcinku od $t=600$. Wykres ten pokazuje na (a) silne maksimum około 55, i minimum około 18 które na (a1) daje się zauważyć jako białe prześwity. Wskazuje to na obecność ro-modułu, (obecność ro-modułów tworzy stan półchaosu) w ramach którego osiągną jest poziom Derridy, ale znajdujący się pod progiem eliminacji.



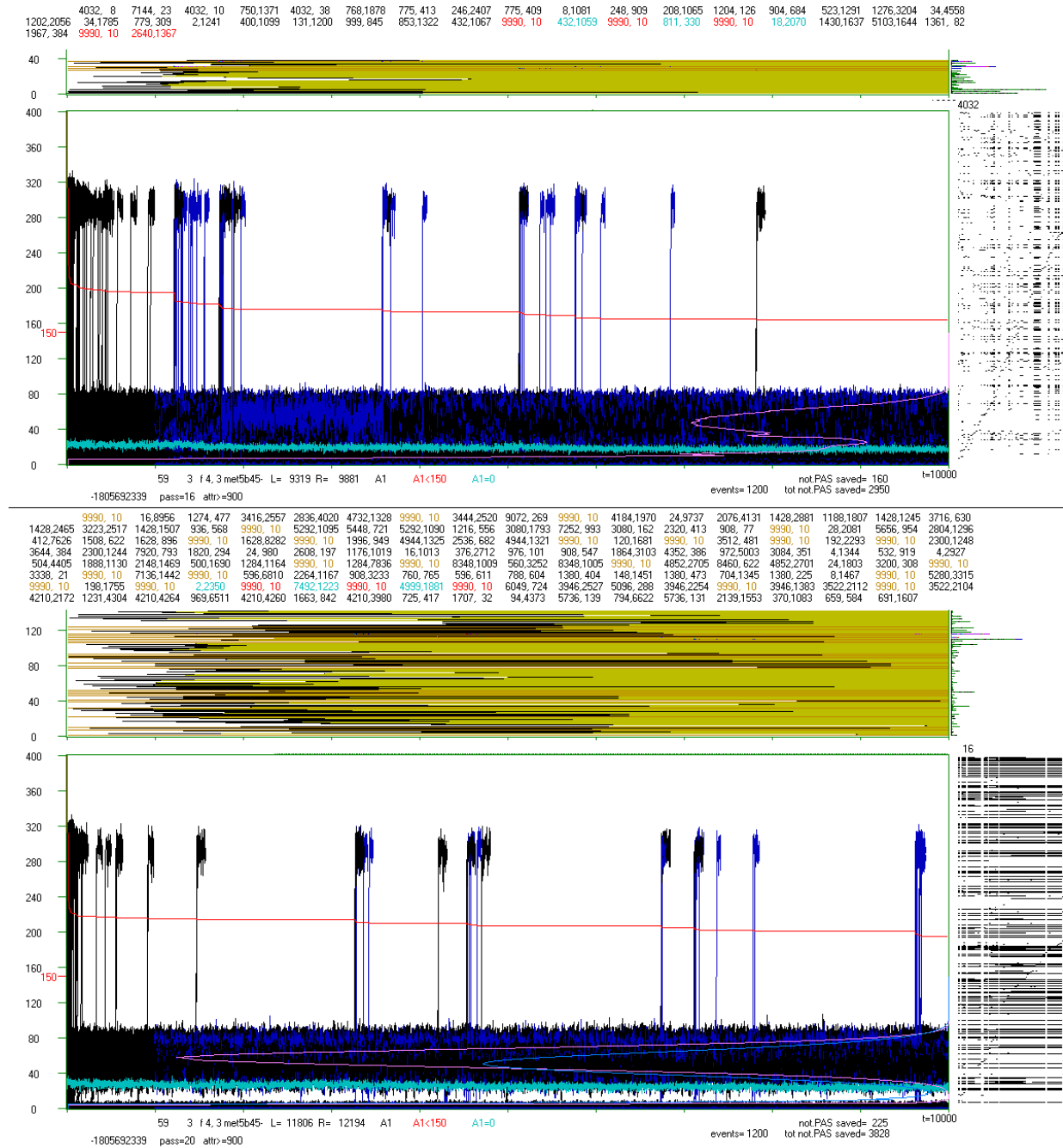
(b) przypadek f 176 passy M1 i M4, który nawet w przedłużonym do $t_{mx}=10000$ zakresie nie sugeruje wejścia w obszar stabilny – bez eksplozji do chaosu.

W pozostałych passach nie wykazuje szczególnie późnych eksplozji. O ile f 34 (a) jest przedstawicielem około 40 podobnych przypadków o coraz mniejszej intensywności zjawiska późnych eksplozji, to f 176 jest jedynym przypadkiem ‘silniejszym’ od f 34. Wszystkie one dotyczą wczesnych passów M. Pokazany dalej (d) f 59 jest wyjątkiem, gdzie tak późne eksplozje zachodzą w późnych passach. Po decyzji o kumulacji w $t=1000$ może nastąpić eksplozja (czarna) co znajdzie się we wzorcu. Na tym odcinku wzorec nie jest więc kontrolowany. W takim miejscu następny przebieg, choć stabilny (nie opuszczający półchaosu) pokazuje fałszywą eksplozję. Linia czerwona, opisująca q , obniża się po każdej takiej pseudoeksplozji nie uwzględniając „fałszywości” wzorca, co powoduje nieadekwatny obraz kontrolowanej zmienności, zaniżający stopień uporządkowania q . Mimo to pozostaje on jak widać wysoki.

Dokładniejsza analiza położenia atraktorów dla tego przypadku f 176 na poniższym rys.9c2 i 3.

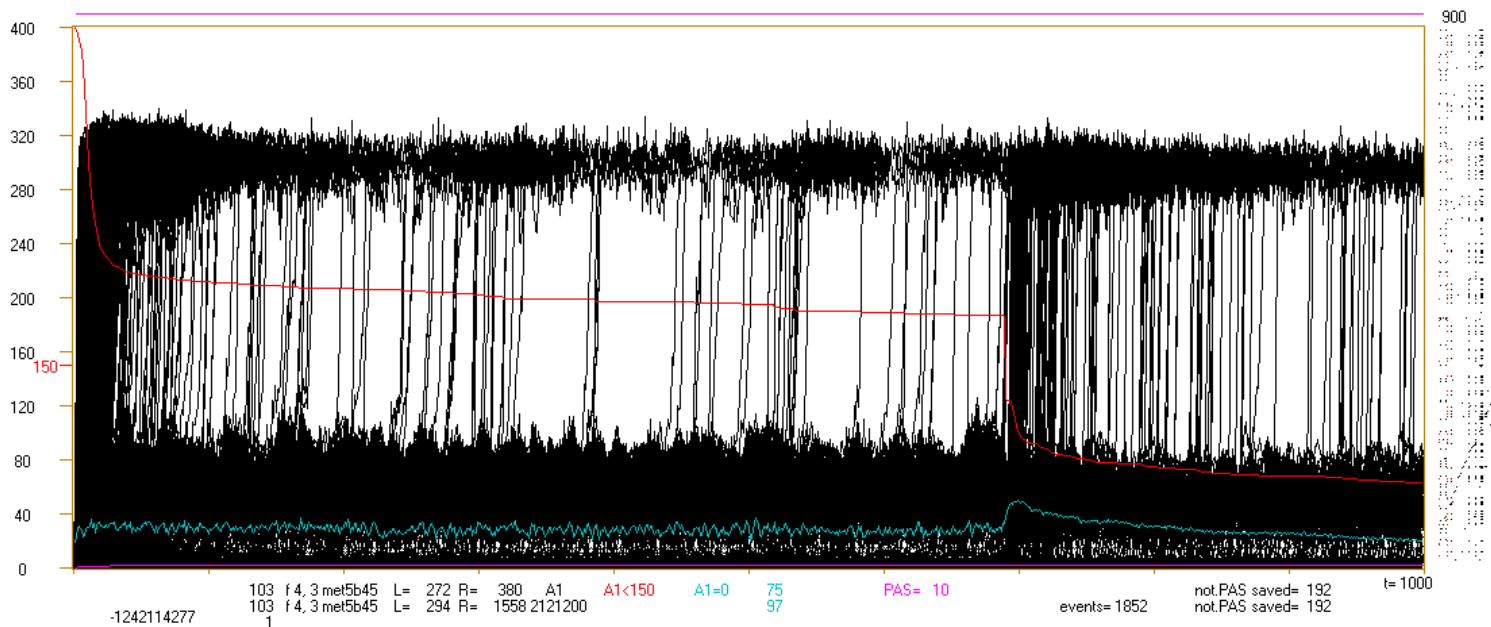


(c) dokładniejsza analiza położenia wejścia w pierwszy atraktor i jego długości, oraz eksplozji i pseudoeksplozji. Rozbudowany wypis kolejnych atraktorów u góry zawiera długość i punkt pojawienia się. Znaczenie kolorów jak niżej 0,1,2,9. 9990- brak wykrycia atraktora. Zamiast krokodyla każda inia zmieniająca długość atraktora wzorca rysuje kolejną poziomą linię: 6-dojście do atraktora 7- pierwszy obrót atraktora 8- dalej w atraktorze, 9- brak wykrycia atraktora w zakresie tmx. Po prawej za ramką każdy przypadek nie zmieniający atr dopisuje w prawo piksel: kumulowany: 0,1,2; nie kumulowany:3,4,5; 0, 3 – bez eksplozji 1, 4 – eksplozja 2, 5 – pseudoekspozja. Założono, że co druga eksplozja kum. jest fałszywa i przywracająca poprawny wzorec, co sprawdza się w przyp. a, c, d, ale nie w b. Po drugim 9990 jest przedłużana linia ini z eksplozjami, bez zmiany 'atraktora', którego tu nie wykryto. Tu i podczas następnego 9990 zdarzyły się kum. eksplozje w fałszywym stanie nie przywracające poprawnego wzorca. Wskazane miejsca górne c,d i dolne pomiędzy 1000 a 2000 powiększono i powiązano z wypisem atraktorów.

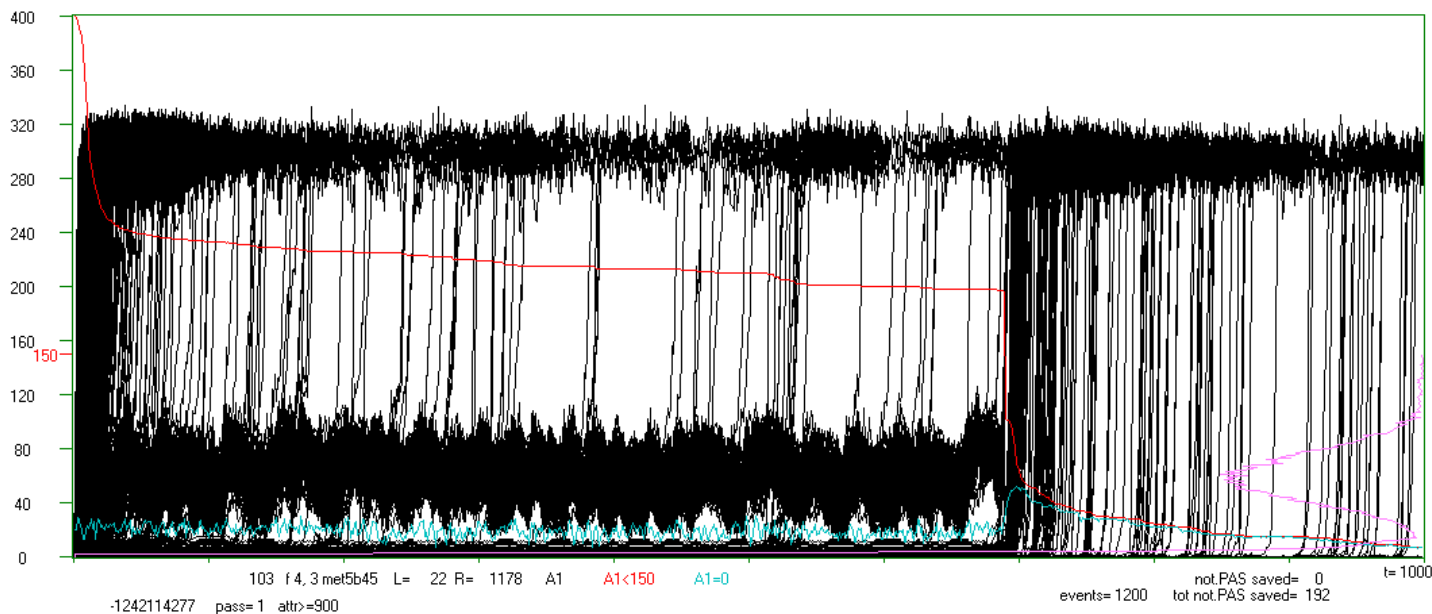


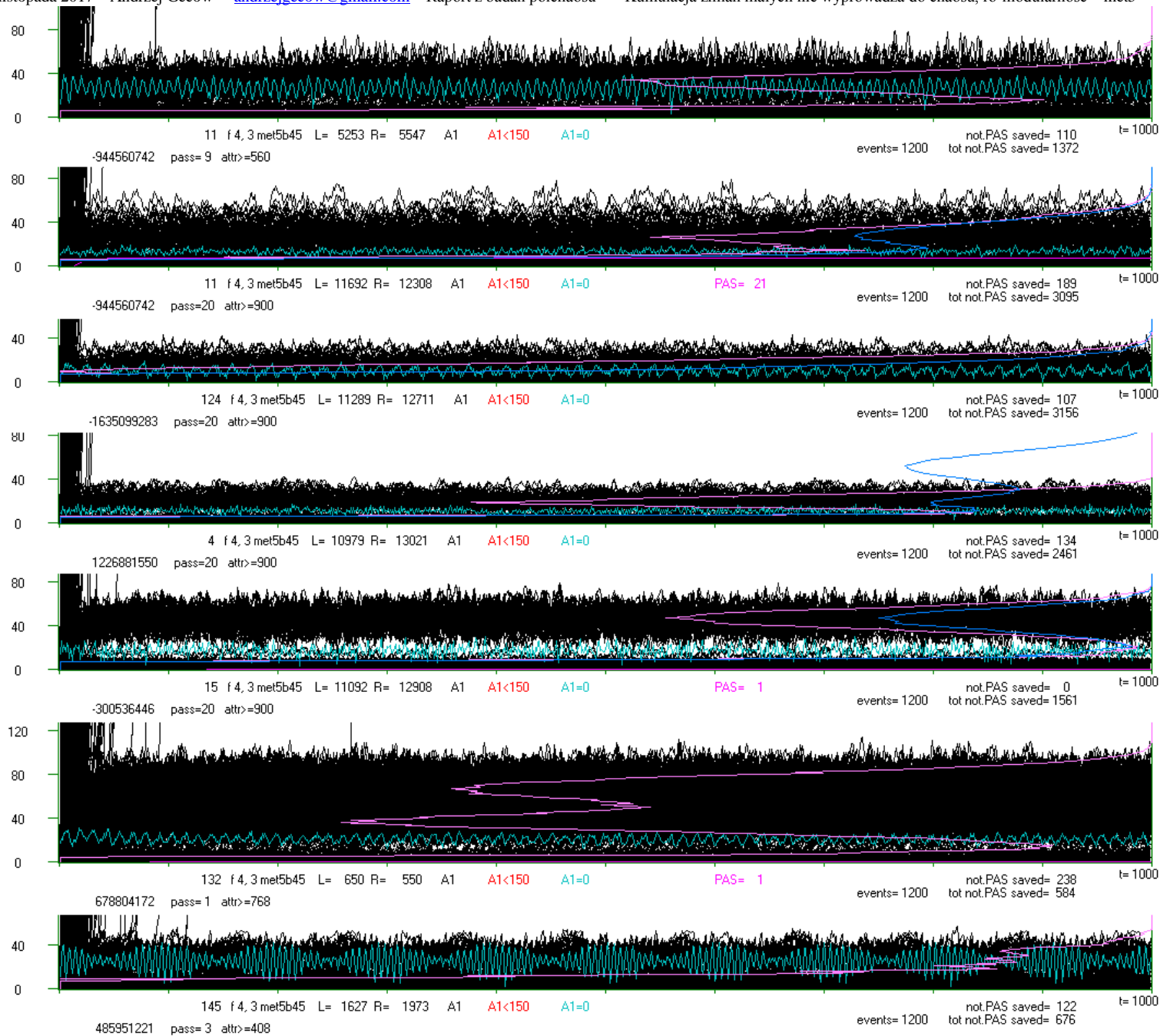
(d) Odosobniony przypadek f 59 bardzo późnych eksplozji w późnych passach (M16 i M20). W M9,11 i 15 nie ma późniejszych niż $t=100$, a późniejszych niż $t=1000$ w M6-15, 18, 19. Eksplozje te są jednak sporadyczne i q spada nieznacznie, mimo, że ponad połowa spadków jest „fałszywa”. Oba pokazane passy są podobne, choć atraktory pokazane nad krokodylem są w obu przypadkach bardzo inne. Pokazany na d2 początkowy atraktor 16 zaczyna się dopiero powyżej $t=2000$. Późniejsze eksplozje raczej zaszły przy większych atraktorach, których tu nie brakuje. Wielokrotnie atraktora nie znaleziono co wskazuje wartość 9990. Na (d2) w dolnym pasie (dolnej szczycie krokodyla) widać biały poziomy prześwit na całej długości. Wykresy, których podstawą jest prawa ścianka krokodyla, pokazują udziały A1 (niebieski jest sumą po wszystkich passach M). Prześwit jest tu wskazany radykalnym minimum. Maksimum nad prześwitem wskazuje na ro-moduł, w którym system jest w stanie chaotycznej równowagi Derridy, ale nie jest to poziom tej równowagi dla całego systemu, tylko dla ro-modułu.

cl= 19 decmx= 3 250 1 1 1 2 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 2 1 1 2
 250 1 1 1 2 1 1 1 1 1 2 1 1 1 1 2 1 1 2

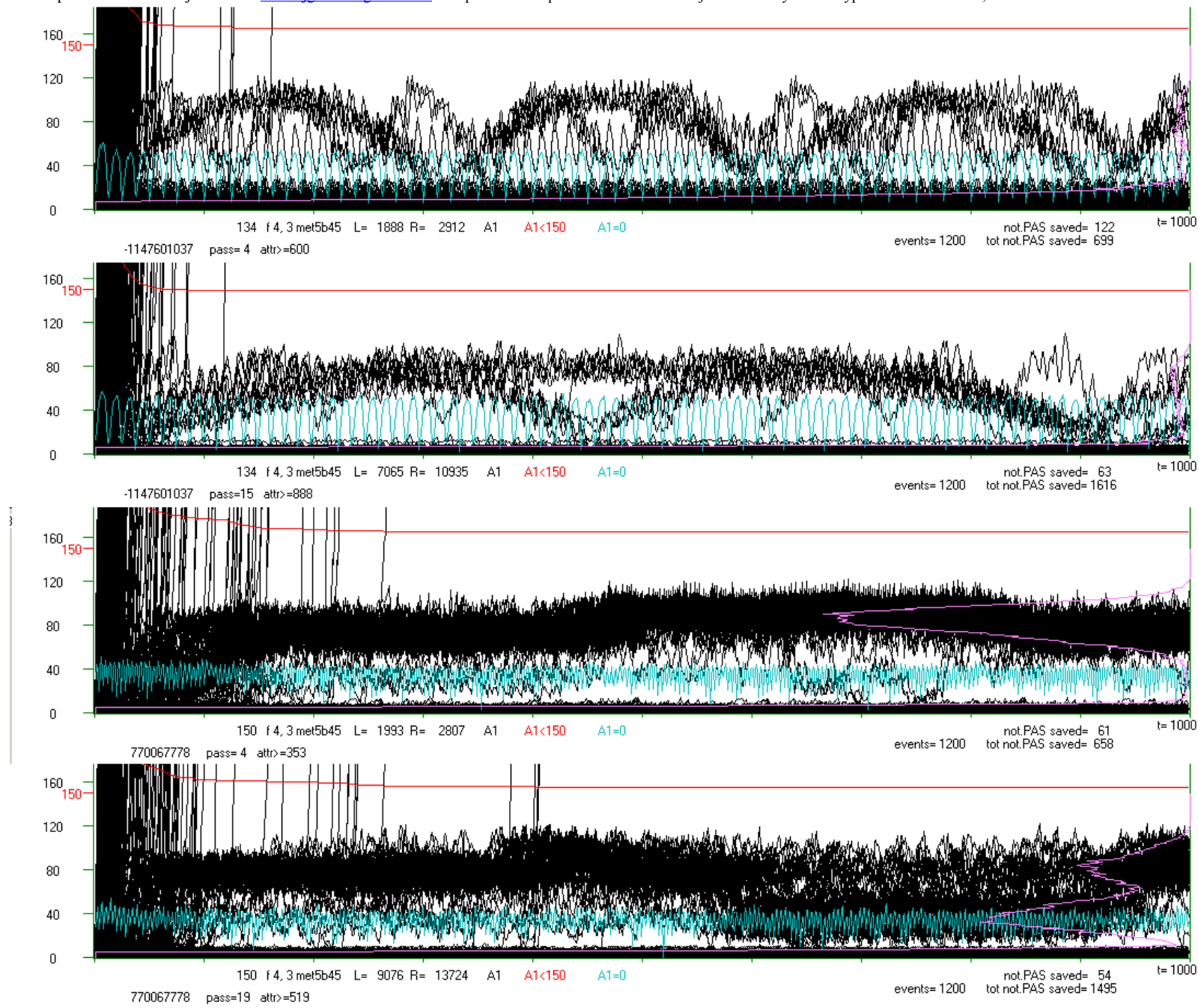


(e) nieadekwatne załamanie chaotyczne w zakresie $tmx=1000 - f 103$. Przedłużenie trajektorii ostatniej kumulacji w N1 stało się wzorcem po przesunięciu o 498 na początku N2, ale zawierało ono eksplozję do chaosu nie wykrytą, gdyż w trakcie sprawdzania ten odcinek był poza tmx . N2 i M1 nie znalazły więc żadnego do kumulacji (nadal not PAS saved= 192). W przeciwieństwie do przedłużonego odcinka w serii 45-, tu każda pseudoeksplozja mieściła się w zakresie kontrolowanym.



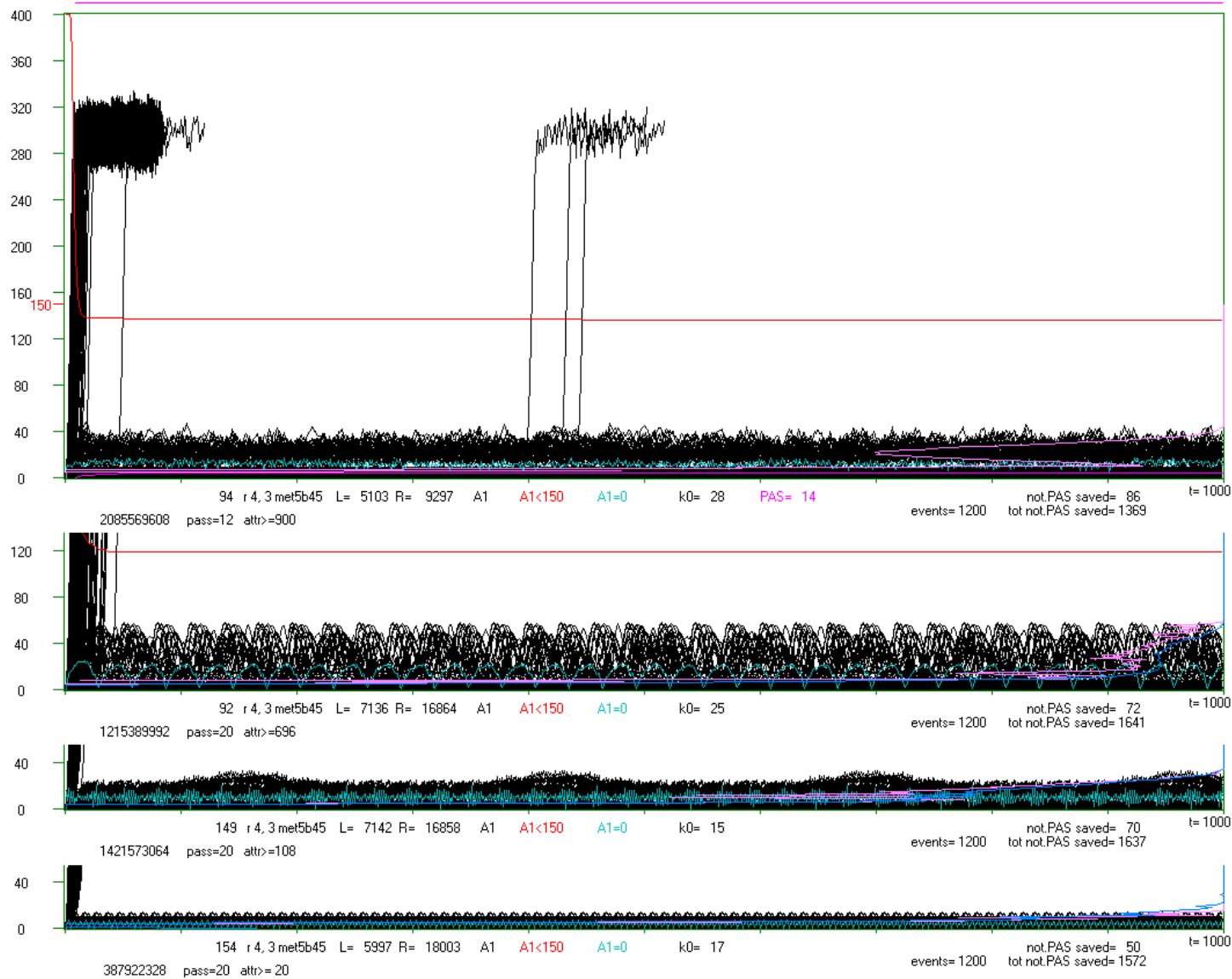


(f) przykłady typowych i różnorodnych zachowań w serii bf 45. Na (f1,2,4,5 i 6) widać wyraźne piki równowagi Derridy w ro-modułach oraz mniej lub bardziej wyraźne prześwity pod pasem przebiegów dla tej równowagi. Równowaga Derridy dla całej sieci leży znacznie wyżej, około 300, co widać na wcześniejszych krokodylach. W (f7) w przebiegu A1=0 widać charakterystyczne zdudnienia wyniku z dwóch różnych częstotliwości atraktorów.



(g) oryginalne przebiegi o wyraźnych powtórzeniach związanych z długością atraktorów. Dobrane tu przykłady wskazują, że leżące wykresy rozkładu A1 nie zawsze adekwatnie wskazują ro-moduły, które mogą wyraźnie i systematycznie w dużym zakresie zmieniać A1 (liczba nodów o odmiennych od wzorca stanach) podczas obrotu atraktora.

cl= 25 decmx= 4 1 82 1 2 2 1 4 1 1 1 1 1 3 2 2 1 4 2 1 1 1 1 3 2 1
 cl= 10 decmx= 3 174 3 4 6 1 1 2 1 1 1
 cl= 2 decmx= 3 293 1

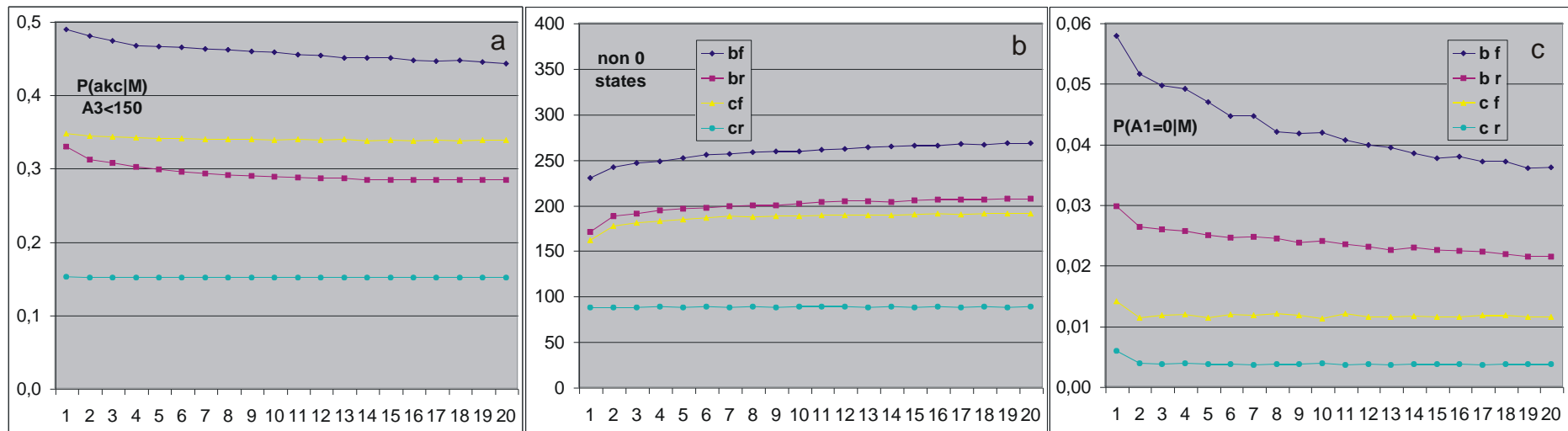


(h) ekstremalne i typowe przebiegi br 45.
 (h1) – dość wyjątkowy, najbardziej chaotyczny przypadek w br 45.
 Typowymi przebiegami są pozostałe, z tym, że większość ma grubość bardziej zbliżoną do dwóch ostatnich.
 Gęstość punktów po prawej obrazujących które nody uległy zmianie w przyp. kumulacji jest tu znacznie mniejsza niż w (a,b,d).

Chociaż spadek maksymalnego czasu eksplozji jest dobrym wskaźnikiem, że nie zbliżamy się wraz z kumulacją do granic chaosu, to jednak podstawowym wskaźnikiem stabilności jest prawdopodobieństwo akceptacji - $P(akc|M)$, tj. $q(M)$, a ono jednak powoli spada z M dla bf (**rys.10a**), **odwrotnie niż na rys.4a dla serii 44 '4+7+20', gdzie powoli rosło**. Dla br osiąga plateau już w 3/4 passów M (w $M14$) a dla modelu c prawie od początku, co pozwala domniemywać, że także dla bf będzie ono przynajmniej na podobnym poziomie jak dla cf. Można by sądzić, że przyczyną tego nieznacznego spadku $P(akc|M)$ jest wzrost liczby stanów niezerowych (**rys.10b**), ale złożoność obserwowanych uzależnień utrudnia snucie przypuszczeń. Wydawać by się mogło, że poziom tego parametru powinien osiągnąć okolice 390 i tak pozostawać, ale do tego daleko ma nawet bf, a pozostałe uzyskują stabilność znacznie niżej: br i cf około 200 a cr nawet poniżej 100. Poziomy te są trochę niższe niż w serii 44 (**rys.6**), co wynika z mniejszego zabezpieczenia przed cofaniem zmian, ale są zbliżone, co daje podobne wnioski o wyraźnym zaawansowaniu procesu odchodzenia od PAS0. Podobnie jak w serii 44, **rys.10b** okazał się bardziej złożony interpretacyjnie. Różnic widocznych na nim nie tłumaczą (choć wydają się mieć związek) średnie liczby skumulowanych zmian w $M20$ (odpowiednio: bf,br,cf,cr = 3190,1601,2069,512).

Innym elementem tej układanki wpływającym na $P(akc|M)$ jest udział wygasania w akceptacji związany z typem tego wygasania, istotnym w wizji mechanizmu utrudniającego akceptację (inicjacje wtórne do końca pierwszego obrotu atraktora odbywają się w nowych okolicznościach).

Jak widać na **rys.10c** szczególnie dla bf mamy wyraźny spadek $P(A1=0|M)$, ale o niecałe 0.022, a $P(akc|M)$ (**rys.10a**) spada na tym odcinku o 0.046.



Rys.10. (a) – Poziom uporządkowania $q=P(akc)$ w zależności od zaawansowania procesu kumulacji mierzonym numerem passu M , jako miernik zbliżania się do chaosu. Poziom ten nieco spada (co mogło by świadczyć o zbliżaniu się do chaosu), ale tylko na początku, a dalej osiąga plateau na istotnie podwyższonym poziomie.

(b) – Liczby niezerowych stanów wejściowych ($N=400$) jako miernik oddalenia się od początkowego stanu PAS0. Patrz **rys.6** z dyskusją.

(c) – Prawdopodobieństwo wygaśnięcia $P(A1=0)$ w kolejnych passach M stanowi część $P(akc)$. Spadek $P(A1=0)$ tłumaczy jedynie około połowy spadku $P(akc)$.

5.6 Ro-moduły – poszukiwanie przesłanek i dowodów

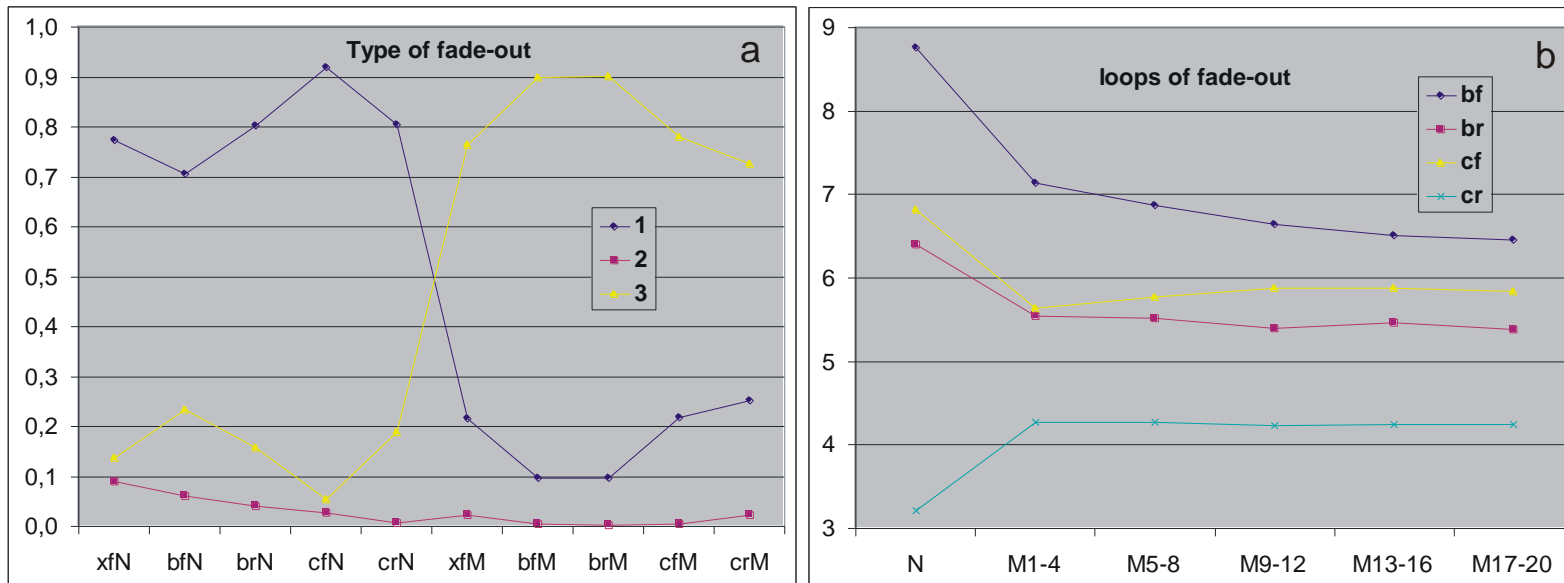
Podstawowe zadanie serii 45 a drugie zadanie met5 – osiągnięcie granicy z chaosem od strony PAS0 przez małe zmiany okazało się trudne, nie udało się. Nie oznacza to niepowodzenia, raczej jest to bardziej pożądaný efekt, świadczący o sile tak prostego warunku zmienności kumulowanej i realności odmienności stanu nazwanego półchaosem. Pozostało trzecie zadanie met5: sprawdzenie tezy nazwanej „ro-modularnością”, że specyfika związana ze stabilnością tego obszaru polega na wielu krótkich, prawie niezależnych pętlach.

Koncepcja wielu praktycznie niezależnych obszarów systemu ze swoimi atraktorami to modularność, ale klasyczna modularność polega na różnej gęstości linków realizujących ową praktyczną niezależność. (Taką modularność badano w met3. Patrz też Errata na początku Raportu.) Tu jednak mamy sieć zbudowaną losowo, której połączeń nie zmieniamy, a specyficzny stan PAS0 i obecny obserwowany w met5 po kontrolowanym warunkiem małej zmiany odsunięciu stanu systemu od PAS0, są realizowane jedynie poprzez stany nodów i drobną odmiennosc ich funkcji. Wystarczy jedna akceptacja zmiany funkcji, bez zmiany połączeń, powodująca eksplozję do chaotycznego stanu równowagi Derridy, by ten specyficzny stan zniknął (rys.9.e). Nie jest to więc jedynie klasyczna modularność.

Częste wielokrotne wygasanie w stabilnym procesie propagacji zaburzenia jest silną przesłanką za takim wyjaśnieniem obserwowanej stabilności.

Uwypuklając ten aspekt koncepcji hipotetycznej przyczyny obserwowanej stabilności nazwałem ten stan **ro-modularnością** (lub ‘półchaosem’ w innym aspekcie). W zasadzie **jest to nowa nazwa dla obszaru ‘ciekłego’ według Kauffmana**, ale w rozwijanym tu modelu leży on nie na granicy porządku i chaosu w sieci losowej, a w sieci specyficznej, wyselekcjonowanej, o parametrach s,K (np. tu głównie używanymi są 4,3), które sieć losową umieściłyby w zdecydowanym chaosie. Dalej jest to granica porządku i chaosu, ale o innym charakterze - tam było to przejście fazowe, tu obie te formy reakcji na małą perturbację występują jednocześnie w tej samej sieci w zbliżonych stopniach.

5.6.1 Z częstości wtórnych inicjacji



Rys.11. Typy wygasania (a) i średnia wielkość pętli (b) określona na podstawie wielokrotności wygasania.

(a) związek udziału typu wygasania od typu passów N lub M dla różnych kombinacji. Symbolem xf oznaczono serię 44 bf 4+7 (nie 100M20), pozostałe to seria 45.

Widać radykalną różnicę między passami N i M: W N (zgodnie z serią 34) przeważa wygasanie zupełne (1), druga inia jako ostatnia (2) widoczna jest w zauważalnym stopniu, a wielokrotne wygasanie (3) jest tylko nieznacznie częstsze od (2). W passach M wygasanie wielokrotne ma radykalną przewagę.

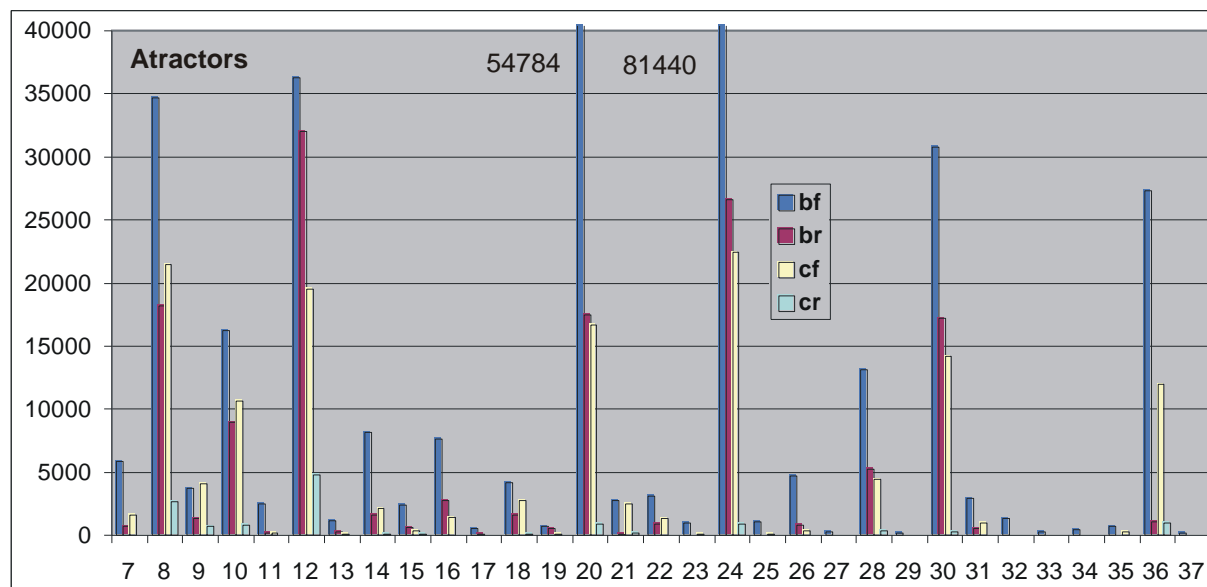
(b) średnia długość wtórnych inicjacji. Jest ona $\ll 64$, więc jest to średnia długość pętli, ale także znacznie krótsza od średniej długości atraktorów, więc pętli lokalnych.

Uzupełnieniem rozkładu $P(A1=0|M)$ rys.10c jest rys.11a pokazujący związek udziału typu wygasania od typu passów N lub M dla różnych kombinacji. Symbolem xf oznaczono serię 44 bf 4+7 100 agr a nie 100 M20, pozostałe to seria 45. Widać radykalną różnicę pomiędzy oboma typami passów: we wstępnej fazie odchodzenia od PAS realizowanej przez passy N stanowczo przeważa wygasanie zupełne (1) (tj. po pierwszym wygaśnięciu brak wtórnej inicjacji), powtórna, druga ini występująca jako ostatnia (2) widoczna jest w zauważalnym stopniu, a wielokrotne wygasanie (3) jest tylko nieznacznie częstsze.

W zakresie passów N atraktory są jeszcze realnie krótkie, a duży shift przed N2 działa jednorazowo i kumulacje w zasadzie nie posiadają shiftu. Zgodnie z wynikami serii 34 udział pełnego wygasania jest zasadniczy. Dla passów M wygasanie wielokrotne ma radykalną przewagę mimo, że w serii 45 jest mały shift=2, ale jest on po każdej kumulacji. Gdy typ (2) jest praktycznie nieobecny, to można oczekiwać dużych wielokrotności. Duża wielokrotność wygasania sugeruje małe pętle, jakby krótkie atraktory ro-modułów, z których damage nie wychodzi.

Prawdopodobieństwo pojawienia się stanu wejścia (nodu), dla którego wprowadzona została jako ini zmiana permanentna funkcji, to $s^{-k}=1/64$. Jeżeli wtórne ini pojawiać się będą częściej, niż raz na 64, to muszą być za to odpowiedzialne krótkie pętle w ro-modułach, bo atraktory są średnio znacznie dłuższe (rys.8a,b). Średnią długość tych pętli wyliczoną na podstawie wielokrotności wygasania pokazuje rys.11b dla serii 45. (W serii 44 wyniki są podobne, ale ich obraz zakłóca różnorodność typów passów.) Jak widać, są to dla passów M małe wartości pomiędzy 4 a 7, znacznie mniejsze od 64, czyli są przesłanką istnienia ro-modułów o podobnych atraktorach.

5.6.2 Z rozkładu częstości małych atraktorów



Hipoteza ro-modułów postuluje, że globalny atraktor całej sieci jest wynikiem złożenia kilku niezależnych pętli. Jeżeli tak, to kolejne wielkości w rozkładzie częstości atraktorów powinny nie mieć ciągłego charakteru, a wielkości, które można złożyć z większej liczby małych pętli powinny być preferowane. Jak widać na rys.12, większe liczby pierwsze, których złożyć się nie da, mają małą liczbę zliczeń, natomiast wartości składalne z małych liczb pierwszych są bardzo częste. Jest to więc silna przesłanka za ro-modularnością.

Rys.12. Częstości występowania długości atraktorów na przykładzie przedziału 7-37 z serii 44 '4+7+20'. Rzuca się w oczy brak równomierności tego rozkładu, który dość dobrze tłumaczony jest składaniem długości atraktora z kilku małych pętli opartych na początkowych liczbach pierwszych: 2,3,5. Nim większa liczba pierwsza, to mniejsza szansa na jej udział.

5.6.3 Z rozkładu P(A4h), A4 – liczebność zbioru nodów ('klastra') biorących udział w zaburzeniu

Próbując podejrzeć tworzenie się ro-modułów podczas odsuwania się od PAS0 poprzez kumulację zmian, badano zbiór nodów biorących udział w zaburzeniu. Spodziewano się, że w zaburzeniu bierze udział większość nodów z zaburzonego jednego lub kilku ro-modułów. Liczebność tego zbioru przedstawia wartość **A4**, nazwano go roboczo **klastrem lokalnym A4**. A4 zbierane jest albo na całym odcinku tmx (**A41**), albo od t=100 (**A4h**) z założeniem, że jest to już odcinek stabilny po początkowym odcinku dochodzenia do stabilności i ewentualnych eksplozjach. Oba rozkłady rzeczywiście różnią się (**rys.13**). A4 skonstruowano do śledzenia łączenia klastrow A4 (patrz następny rozdz.), ale sprawdzono, czy w rozkładzie wielkości zaburzonego obszaru pojawiają się piki wskazujące poszukiwane ro-moduły. Jednak ro-moduły o konkretnej wielkości są raczej własnością konkretnych agregatów, nawet można oczekiwać, że zmieniają się w toku ewolucji (kumulacji). Można by je oglądać jak rozkłady A1 w rozdz.5.6.5 na krokodylach, ale tego w met5 nie przewidziano, (takie uzupełnienie wykonano w met7, **patrz m7.rys.15g,h**), skupiając się na klastrach ro (rozdz.5.7) a w aspekcie klastrow A4 pozostając na etapie badania charakteru zbiorczych rozkładów A4. Wyniki badania rozkładów A4 przedstawione więc będą w pierwszej kolejności.

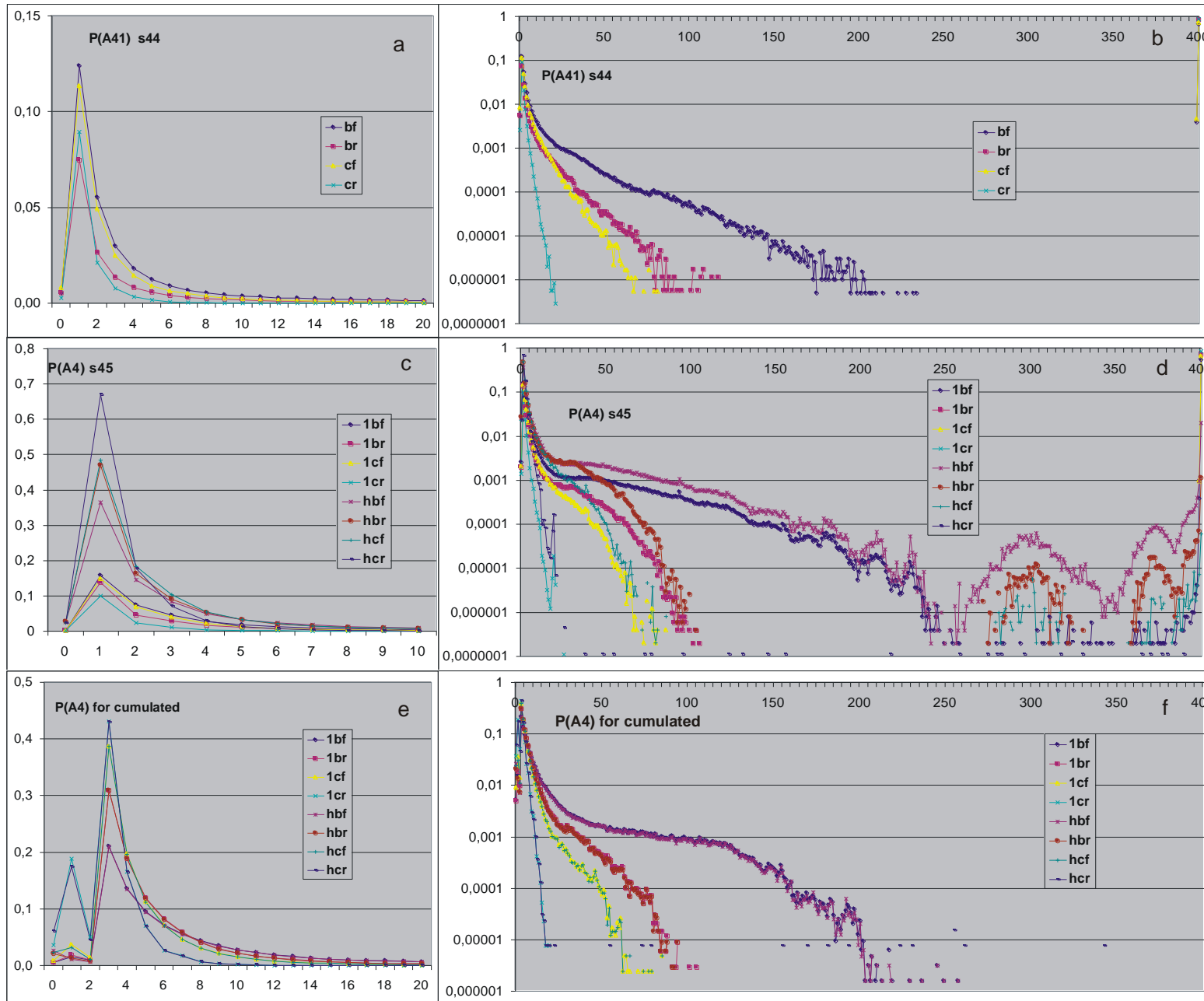
A4 to liczba zaburzonych nodów (bez chwili t=0) jako ocena wielkości ewentualnych ro-modułów. Rozkłady P(A41) i P(A4h) przedstawia **rys.13** w całym zakresie możliwych A4 w formie logarytmicznej i początkowy odcinek małych A4 w formie liniowej. W serii 44 (a, b) uzyskano jedynie A41 określone na całym przedziale tmx dla wszystkich przypadków (liczenie po eksplozji było skrócone do 70 kroków t). W serii 45 są już rozkłady obu A41 i A4h w podziale na wszystkie przypadki i jedynie kumulowane. A4h to pominięcie burzliwego odcinka początkowych eksplozji szacowanego na około 100 kroków t. Rozkład zmienia wartości w dużym zakresie. Najbardziej interesujący jest odcinek początkowy małych A4, gdzie spodziewane były rozdzielne piki związane z klastrami. Ten odcinek przedstawiono więc dokładniej w skali liniowej, a całość w skali logarytmicznej. W każdym przypadku rozkłady pochodzą z całego procesu od passu N1 do M20.

Wyniki na **rys.13a,e** nie potwierdziły oczekiwania – nie widać, by kształt początku rozkładu złożony był z oddzielnych pików pochodzących od klastrow o różnych wielkościach. Może to być wynikiem dużej liczby jednoczesnych i trwałych klastrow o zbliżonych wielkościach, a także zmienności klastrow wraz z konkretnymi agregatami i kolejnymi passami kumulacji. Zaburzenie na **rys.13e** dla A4 w zakresie 0-2, szczególnie duże dla cr, jest wynikiem warunku $A3 > 2$ kumulowania.

Układanie się nawet małych wartości zmierzonych częstości w dość wąskie linie na wykresach logarytmicznych świadczy o dokładności pomiarów. Nad wyraźnymi różnicami rozkładów dla różnych formuł nie zastanawiano się. Piki dla większych wartości A4h na **rys.13d** niewątpliwie mają związek z krótkim odcinkiem liczenia powyżej t=100 stanu równowagi Derridy po eksplozji przed t=100. Okazuje się, że po eksplozji, A41 prawie zawsze ma wartość 400, wyjątkowo 399. Pokazuje to dokładnie **tab.1**, oraz mniej czytelnie **rys.13b,d**. Na najbardziej adekwatnym **rys.13f** oprócz sieci cr pozostałe mają wyraźny krzywy ogon sięgający dla bf aż do 200. Są to pojedyncze klastry lokalne A4, prawdopodobnie eksplozje chaotyczne wewnątrz ro-modułu jednego lub kilku, jak na **rys.9g**. A4=200 nie oznacza, że A1 przekroczyło próg 150. Obecność tych ogonów ma związek z mechanizmem powstawania pojedynczych wielkich klastrow globalnych A4 w tych sieciach.

Tabela. 1. Końcówka P(A41) w serii 44 i 45 (patrz **rys.13b,d**) pokazująca, że przypadki eksplozji chaotycznej ogarniają praktycznie całą sieć. Dla dużego odcinka mniejszych A41 liczba przypadków i P(A41) są dokładnie 0.

serie	A41	bf	br	cf	cr
s 44	399	0,0039	0	0,0046	0
	400	0,6759	0,841	0,7436	0,873
s 45	398	0,000004	0	0	0
	399	0,0004	0	0,0010	0
	400	0,5420	0,7087	0,6638	0,8558



Rys.13. Rozkład $P(A4)$ - lokalnych klastrów A4 w wersji określonej na całym przedziale (bez $t=0$) tmx (A41), i (A4h) z pominięciem 100 pierwszych kroków t , gdzie zwykle następuje eksplozja i stan systemu jest najbardziej niestabilny. A4 to liczba zaburzonych nodów jako ocena wielkości ewentualnych ro-modułów. **W serii 44 (a,b)** zbierano jedynie A41, później w serii 44 ro '4+7' uzyskano wyniki dla A4h, które są na [m6.rys.3](#). **W serii 45 (c-f)** zbierano A41 i A4h dla wszystkich przypadków (w tym eksplozji chaotycznych) (c,d) oraz dla przypadków skumulowanych (e,f). W każdym przypadku rozkłady pochodzą z całego procesu od passów N do M20. Należy zauważyć, że symulacje te były optymalizowane i przypadki po eksplozji liczone były jedynie przez następne 70 kroków t , co mogło mieć wpływ na postać końca rozkładu dla A4h (d).

5.6.4 Łączenie lokalnych klastrów A4 w globalne klastrów A4

Jak pisałem w końcówce opisu serii 34 (rozdz.5.3.3 Lód i niezależność pętli) dwie pętle o różnych okresach, np. małych liczbach pierwszych, nie mogą mieć wspólnych nodów, gdyż warunki na działanie takich nodów byłyby zbyt rygorystyczne, tj ich prawdopodobieństwo wystąpienia wygląda na zanedbywalne. Opierając się na takim przewidywaniu podczas całego procesu od N1 do M20 klastry złożone z nodów podliczonych w A4h (lokalne klastry A4) były łączone w globalne klastry A4 w przypadkach kumulowanych, gdy posiadały wspólny węzeł z globalnym. To założenie także okazało się niecelne, zbyt silne, co ma ważne znaczenie interpretacyjne.

Wyniki prezentowane były dla passów N1, N2 i M nad krokodylem (patrz np. [rys.7a,b](#), [9a1,d1](#) dla bf oraz [9h](#) dla br). Zawierają one liczbę wynikowych (globalnych) klastrów, maksymalną liczbę łączonych klastrów w jednym przypadku kumulacji oraz liczebności kolejnych klastrów globalnych od najstarszego. **Spodziewano się wielu małych klastrów odpowiadających ro-modułom.**

Niestety, **wynik dla bf, br i cf z wyjątkiem cr był całkiem odmienny od spodziewanego**: powstawał na końcu zwykle jeden wielki klastery i trochę małych, zwykle po jednym nodzie. Proces łączenia w klastry śledzony był od początku kumulacji. Początkowo klastrów glob. było więcej ([rys.14f](#)) a ten największy był znacznie mniejszy. Z grubsza oszacowane wyniki (są to wyniki rozpoznawcze i niekompletne) przedstawia [tabela 2](#), w której x przedstawia symbolicznie ‘kilka’, a 1x - ‘kilkanaście’.

Jedynie formuła cr zarówno w serii 44 jak i 45 dała obraz zbliżony do oczekiwanego, gdzie liczba klastrów była w M20 względnie duża a klastry wyraźnie zróżnicowane, wiele o podobnych rozmiarach do największych, które pozostawały małe. Jak widać na [rys.14f](#) liczba tych klastrów tylko dla cr nie zmienia się wraz z kumulacją (passami M). Także tylko cr nie ma prawego piku na [rys.14b,d](#) i wydłużonego ogona na [rys.13f](#).

Model b prowadził do największego złączenia klastrów, i spadku ich liczby z M ([rys.14f](#); [13f](#)), tak, że dla br45 często pozostawał w M20 1 klastery, mimo jednak takich wyników tej obserwacji, system pozostawał w dużym stopniu stabilny, więc należało przyjrzeć się tematowi klastrów inaczej.

Tabela 2. Zgrubne wyniki wstępnego badania klastrów metodą łączenia zbiorów ‘A4h’, na początku procesu kumulacji w passie N1 i na końcu – w passie M20.

#cl to liczba klastrów; mx cl to maksymalny klastery; obie te wielkości szacowane jako średnie dla pojedynczego agregatu na podstawie niepełnych danych.

Zapisy symboliczne wielkości: ‘kilka’ jako x, a ‘kilkanaście’ jako 1x.

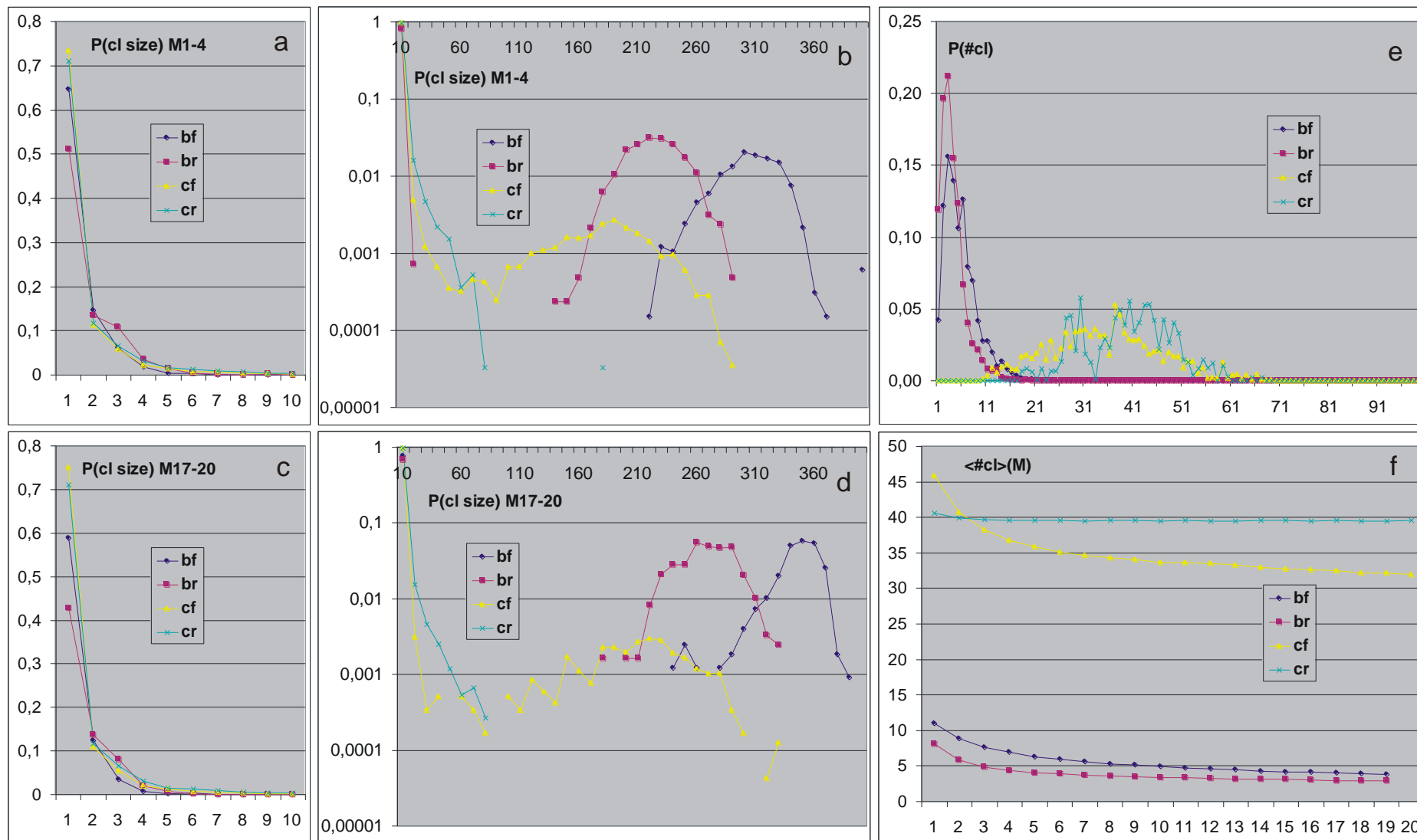
Zwykle klastery maksymalny jest radykalnie większy od reszty klastrów, których wielkości są rzadko 4 lub 3, zwykle 1 lub 2. Jeżeli jednak jest inaczej, to zaznaczono to, np. dla cf45 w N1 rozmiar klastra maksymalnego ma ogromny rozrzut: od kilku do 100 i wiele, może nawet ponad 20 klastrów o wielkości kilkanaście.

	bf44	br44	cf44	cr44	bf45	br45	cf45	cr45
N1 #cl	30	25	80	50	20	20	70	50
N1 mx cl	200	100	35+x*1x	6	200	90	x-100+?x*1x	x
M20 #cl	x	1x	40	45	3	3, często 1	35	30 : 40
M20 mx cl	350	280	240	23+x*1x	350	250	180	8+x*x

Rozkłady wielkości klastrów na początku (passy M1 do M4) przedstawia [rys.14a,b](#), a na końcu (passy M17 do M20) [rys.14c,d](#). Podobnie jak na [rys.13](#) początkowy odcinek do rozmiaru klastra = 10 przedstawiono dokładnie w skali liniowej ([rys.14a,c](#)), a cały odcinek w skali logarytmicznej ([b,d](#)) łącząc dla zmniejszenia fluktuacji kolejne 10 wyników. Wyraźnie w obu zakresach panują inne mechanizmy. Prawy pik większych klastrów widoczny na [rys.14.b i d](#) wyraźnie dla modelu b i zauważalnie dla formuły cf, przesuwa się w kierunku większych wartości, co jest zrozumiałe. Formuła cr nie ma tego piku, jedynie szerszy pik lewy. Ten kierunek zmian między formułami widać już dla cf. Jak zwykle, skrajnymi formułami są bf i cr.

Na rozkładzie liczby klastrów ([rys.14e](#)) model c zawiera wyraźny ale szeroki pik dla większych wartości (około 35 lub 40), a małe wartości są nieobsadzone, natomiast model b ma maksimum w okolicy 3 i pik ten kończy się już koło 10.

[Rys.14](#) dotyczy serii 45, gdyż różnorodność passów w serii 44 nie pozwala na adekwatne sumowanie wyników z kilku kolejnych passów zastosowane tu w [a,b,c,d](#), natomiast [f](#) byłoby pofalowane i trudne do interpretacji. W dalszych badaniach met6 i 7 problem ten został jednak pokonany, a dla porównania uzupełniono A4h dla met5c 44 ‘4+7’, co włożono w wyniki na [m6.rys.3 i 4](#) oraz [m7.rys.18 i 19](#).



Rys.14. Seria 45. Rozkłady wielkości łączonych (globalnych) klastrow A4 na początku (a,b) i na końcu procesu kumulacji (c,d). Dla zwiększenia statystyki są to wyniki z 4 passów M każdy, a w (b,d) sumowano po 10 kolejnych wartości. Klasy łączono przy kumulacji jeżeli miały wspólny nod. Rozkład liczby klastrow (e) i średniej liczby klastrow dla kolejnych passów M (f). W formule cr liczby klastrow są duże (f), a największy klastrow pozostaje mały (d). W formule cf liczby klastrow także są duże (f), ale największy klastrow bywa i mały i duży (d i krokodyl). Natomiast w modelu b liczba klastrow spada i rośnie klastrow największy.

5.6.5 Z rozkładu A1 dla akceptowanych

Zobrazowanie przebiegu A1 w czasie nazwane zostało tu ‘krokodylem’ gdyż przedstawia dwa wyraźnie rozdzielone poziomy równowagi połączone jedynie na początku w zakresie ‘eksplozji do chaosu’. Przypomina ono krokodyla z otwartą paszą gdzie poziomy kojarzą się z górną i dolną szczęką, a fluktuacje z zębami. Górny poziom, w met5 ograniczony przez skrócenie śledzenia po eksplozji do 70 kroków, odpowiada równowadze Derridy przewidzianej w modelu annealed approximation dla systemów chaotycznych. W normalnych okolicznościach systemów losowych dolny poziom zanika, jak na końcu [rys.9e2](#). Jednak w stanie półchaosu dolny poziom pozostaje, często są to dwa bliskie poziomy rozdzielone trudno zauważalnym prześwitem ([rys.9d2,f5](#), początek do $t=700$ na [rys.9.e2](#)). Hipotetyczną interpretacją górnego poziomu w dolnym jest także poziom chaotycznej równowagi Derridy, ale w zakresie wycinka systemu, który jakoś jest wydzielony z całości. Ten wycinek, kojarzący się z modułem, nazwany tu został ro-modułem, bo klasyczny moduł wydzielony jest mniejszą gęstością linków, tu jednak połączenia są losowe o, wydawało się, dostatecznie jednolitej gęstości, więc nie spodziewałem się modułów. Okazało się jednak w badaniach met8 (patrz Errata na początku tego Raportu), że moduły występują praktycznie zawsze i ro-moduły także są klasycznymi modułami, które akurat w tych przypadkach przejmują większą rolę. Mechanizm ro-modularności nie ogranicza się jednak do modularności, wymaga lodu.

Wizualne wykrycie na krokodylu osobnych poziomów w dolnym poziomie jest często niepewne, a zwykle niemożliwe. Własność tą zobrazowano więc dokładnym rozkładem częstości A1 na odcinku od $t=600$ leżącym na jego prawej ścianie, w dolnym zakresie do $\text{progu}=150$. Np. na [rys.9a](#), wykres ten pokazuje silne maksimum około 55, i minimum około 18, które na [rys.9a1](#) daje się zauważyć jako białe prześwity. Wskazuje to na obecność ro-modułu, w ramach którego osiągnany jest poziom Derridy, ale znajdujący się pod progiem eliminacji. Podobnie na ([rys.9d2,f1,2,4,5,6](#)) widać wyraźne takie piki oraz mniej lub bardziej wyraźne prześwity. Na passach M20 niebieski wykres jest sumą po wszystkich passach M, jego wyrazistość wskazuje stabilność tych poziomów podczas całego procesu kumulacji, jednak często porównanie go z poszczególnymi passami M wskazuje na rozbieżności w położeniu tych ekstremów ([rys.9d](#)).

Zebrane na [rys.9g](#) przykłady wskazują, że te leżące wykresy rozkładu A1 nie zawsze adekwatnie wskazują ro-moduły, gdyż poziom A1 może zmieniać się wyraźnie i systematycznie w dużym zakresie podczas obrotu atraktora. Zjawisko jest więc bardziej złożone. Nawet wskazanie 2 pików sugerujących 2 różne ro-moduły może wynikać ze złożoności przebiegu w jednym ro-module, co raczej miało miejsce w przypadku [rys.9g4](#).

5.7 Z okresów cykli stanów nodów – seria badań ‘ro’

5.7.1 Szczegółowe, wycinkowe badania wstępne

Brak jednoznacznych wyników powyższych metod wykrycia ro-modułów, przy jednoczesnych silnych przesłankach takiego wyjaśnienia, zmobilizował do przesłania konkretnych przykładów w szczegółach. **Dopiero ta metoda dała jednoznaczne obserwacje i wyjaśnienia**, choć bez statystycznych podsumowań z dużymi liczbami. Bez tych żmudnych wycinkowych badań wskazujących interesujące wnioski i potrzebę ich podparcia wynikami statystycznymi, dalsze badania byłyby równie niecelne jak wyżej opisane śledzenie klastrów opartych na A4. Wskazanie podstaw przyjętych pojęć i dalszych założeń wymaga opisu tego etapu badań.

Wykonano **śledzenie cykli stanów nodów w trajektorii konkretnych przypadków**. W tym celu rozszerzono programy do symulacji serii 44 i 45 pozwalając **śledzić po 25 kolejnych kumulacji we wskazanych passach M od inii wskazanego nodu**. Na podstawie przeglądu wyników symulacji wybrano określone przypadki do dokładniejszej analizy. Kierowano się oceną typowości przypadku lub szczególnych własności, np. dużych atraktorów, wielu zmian atraktora na krótkim odcinku itp.

Dla każdej z 25 kolejnych kumulacji wyznaczano: nr inicjowanego nodu; długość atraktora (w przypadku nieznaalezienia atraktora wpisywano długość 900); liczbę **zmienionych nodów na odcinku nowego atraktora**; zamrożonych nodów, tj. o okresie =1; **klastrów** (dalej **nazywanych lokalnymi - zbiory nodów o tym samym okresie**), tj. różnych okresów cykli stanów nodów innych niż 1; od którego t rozpoczyna się atraktor (min=2). Dokładniej prześledzić to można na **rys.15**. Dalej wypisywane były numery nodów o znalezionym cyklu innym niż 1 i jego okres. Nie znalezienie okresu zaznaczano jako okres 999 i taki zbiór nodów także traktowano jako klastery lokalny. Dla takich nodów próbowano wyznaczyć cykle, które powtórzyły się przynajmniej 2 razy (gdy mieściło się to w zakresie posiadanych danych) i dodatkowo trwały jeszcze przez 20 kroków. Ponadto zaznaczane były nody zmienione.

Przełączono tak (wpierw zgrubnie, by wyznaczyć przypadki do analizy, a następnie dokładnie na wybranych przypadkach) wszystkie 9 symulacji, tj. serię 44 formuły bf,br,cf,cr ‘4+7+20’, bf ‘4+7’, oraz 4 formuły serii 45.

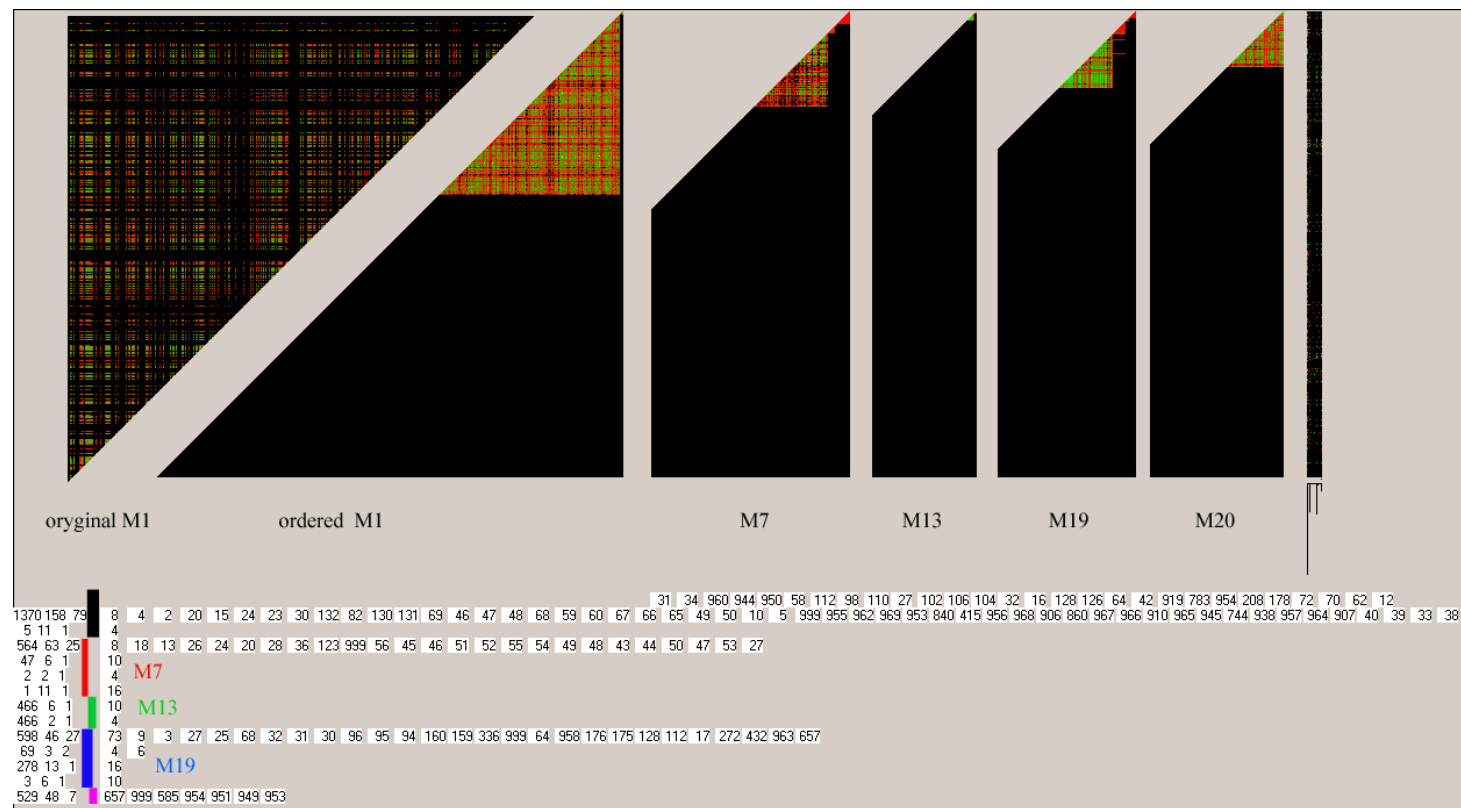
Ogólne wnioski to:

- 1- Przesuwanie o 50 **w serii 44** po każdej kumulacji szybko przesuwają punkt inicjacji po trajektorii i nawet, gdy atraktor pojawia się od połowy t_{mx}, to w 10 krokach kumulacji jego początek jest już na początku trajektorii. Przez ten czas zwykle zmiany kumulowane nie zmieniają istotnie tego atraktora. W wyniku, **większość zmian wprowadzanych jest albo tuż przed początkiem atraktora, albo już na nim**.
- 2- Po eksplozji (liczonej w tym celu do t_{mx}) nigdy nie znaleziono atraktora, a A4 zwykle =400, wyjątkowo 399 lub 398 (zgodnie z **tab.1**).
- 3- **Zmiany zwykle dotyczą tylko 1 nodu**, tego inicjowanego (zgodnie z **rys.13**). Następną typową zmianą, to **kilku nodów (2, 3 rzadziej więcej)**. Ponieważ największy klastery to lód (okres=1) to zmian stanu nodu zamrożonego na zamrożony jest najwięcej (zmienia się stan na inną wartość, ale pozostaje niezmienny z t, zgodnie z obrazem danym w rozdz.5.3.2). Praktycznie nie obserwuje się przejść pomiędzy aktywnymi klastrami, co tłumaczyć można ich małymi rozmiarami i wynikającym stąd prawdopodobieństwem. **Pojawianie się klastrów zwykle w podobnym składzie** może świadczyć, że nody są związane z określonymi potencjalnymi możliwymi okresami i realizującymi je pętlami. **To właśnie są poszukiwane ro-moduły**. Dalej nazywane klastrami globalnymi, bo istniejącymi nie tylko w jednym procesie „damage spreading” po jednej inicjacji. Po zauważeniu w met8 obecności klasycznych modułów te ‘potencjalne możliwości’ stają się zrozumiałe.
- 4- Nie spodziewano się innej zmiany okresu klastra globalnego, niż pomnożenie lub podzielenie okresu przez małą liczbę naturalną. Tymczasem **często zmiany okresu z małymi zmianami składu klastra polegają na dodaniu lub odjęciu małej liczby**, zwykle istotnie mniejszej od długości okresu. (Np. przekształcenia okresów z 6 na 9; z 28 na 29; z 2 i 11 na 28 (połączenie klastrów); z 120 i 20 na 140; z 24 i 2 i 1 na 28; z 395 na 347 na 174; z 34 na 20 i 24 (rozpad na kilka klastrów); z 17 na 1 i 120.)
- 5- Bywają względnie **częste sytuacje, gdy wykryte są 3 klastry=okresy, z których jeden jest równy atraktorowi a pozostałe 2 oczywiście są podzielnikami atraktora**. Dalsza historia tych klastrów wskazuje, że **klastery o okresie równym atraktorowi jest stykiem obu klastrów o mniejszych okresach (należy do obu na raz)**.
- 6- Bywają klastry trzymające się przez wiele passów, nieraz zmieniające okres tam i z powrotem, czasami zanikające (zamarzają, tj. okres staje się=1) i pojawiające się ponownie w bardzo podobnym składzie. Jednocześnie inne klastry pojawiają się i znikają. Tworzy to obraz zbliżony do oczekiwanego z tą różnicą, że **liczba jednocześnie aktywnych klastrów jest zwykle bardzo mała, rzadko przekracza 4, a typowa wartość to 2** (bez włączania w to lodu).

Te ogólne wnioski zbudowały pewien obraz, który należało poprzeć określonymi już badaniami statystycznymi.

5.7.2 Klastry lokalne i globalne na przykładzie bf 103 z serii 44 '4+7+20'

Szczególnie istotnym spostrzeżeniem jest trwałość klastra, który może zanikać i pojawiać się po dłuższym czasie. Badania tego zjawiska są też szczególnie uciążliwe, więc podjęto próby jego zautomatyzowania dające nadzieję na podbudowę statystyczną. Taki trwały klaster, dla odróżnienia od klastra lokalnego - w konkretnym przypadku kumulacji, nazwano globalnym. Jego zdefiniowanie i określenie reguł przynależności do niego klastrów lokalnych jest rozmyte oraz bardzo złożone ze względu na wielość aspektów, wariantów i okoliczności. Rys.16 pokazuje dwie koncepcje. Koncepcja oparta na wizualnym wykazaniu istnienia takich klastrów globalnych słabo nadaje się do dalszych badań statystycznych. Druga koncepcja polega na łączeniu klastrów lokalnych z najbardziej podobnymi klastrami globalnymi i ewentualnym tworzeniu nowych klastrów globalnych, gdy podobieństwo to jest za małe. Dokładniejszy opis zawiera rys.16.

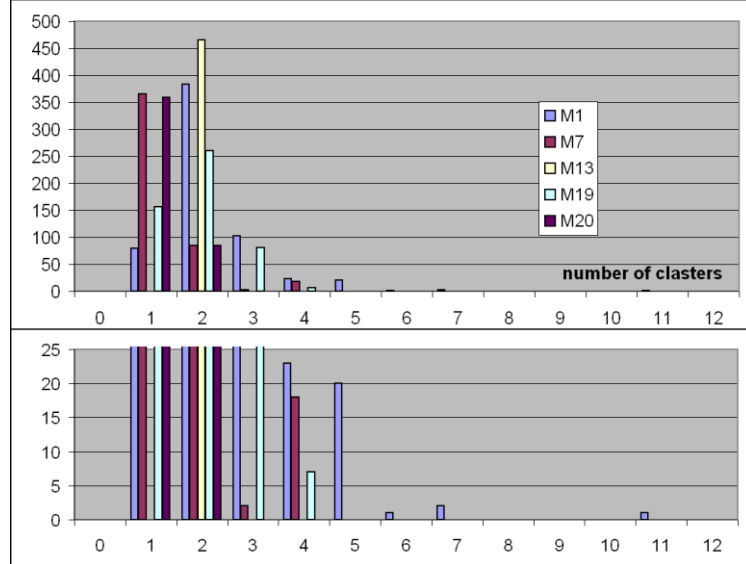


Rys.16. Korelacyjna analiza klastrów na przykładzie bf 103 serii 44 '4+7+20', analizowanego wcześniej na rys.15, 7a i 7e. W tablicy 400*400 budowanej od początku dla passów free odnotowywano przez dodanie 1 łączne występowanie nodów w jednym klastrze lokalnym (dla jednej kumulacji o jednakowym okresie). Tablica ta jest więc symetryczna, a na głównej przekątnej ma liczbę wystąpień danego nodu. Lodu nie uznaje się za klaster, ale brak wykrycia okresu oznaczane na rys 15 jako 999 jest klastrzem lokalnym. Tablica ta (jedna jej połówka) dla M1 pokazana jest jako oryginał M1 – tu kolejność nodów odpowiada ich nazwom, tj numerom od 0 do 399. Kolor czarny piksela oznacza 0, czerwony – 1, a wyższe wartości inne kolory. Następnie uszeregowano nody: w pierw o wartości 0 na przekątnej (nie

występujące), dalej wybierano występującego najwięcej razy i kolejno układano wszystkich jego 'towarzyszy', co powtarzano na pozostałych aż do wyczerpania. W efekcie powstały kolorowe trójkąty na górnym końcu przekątnej (ordered), wskazujące wersję klastrów globalnych – dla danego passu free.

Inną wersję klastrów globalnych (rozwijaną dalej) budowano przez łączenie klastrów lokalnych: gdy nowy klaster lokalny miał z globalnym podobieństwo $>1/2$ to mógł być złączony z tym globalnym. Wśród takich kandydatów wybierano kl.glob. o największym podobieństwie, które obliczano jako liczbę wspólnych nodów + okres ze zbioru, podzielone przez liczbę nodów w kl.lokalnym. Na rys.16 zaznaczono kolorami klastry globalne znalezione w kolejnych passach. Po prawej wymienione są okresy, po lewej kolejne liczby to: liczba wystąpień klastra globalnego, liczba nodów i liczba okresów. Jak widać w M13 zawsze występowały 2 klastry lokalne o okresach 4 i 10 (patrz rys.15).

Obraz dla M1 wydawał się jednak nieadekwatny, także w M19 pierwszy klaster zawierał 2 znane klastry lokalne występujące jednocześnie. W dalszych badaniach rozdzielano więc klaster globalny (który był deaktywowany), gdy kilka jednoczesnych klastrów lokalnych miało być do niego dołączonych.



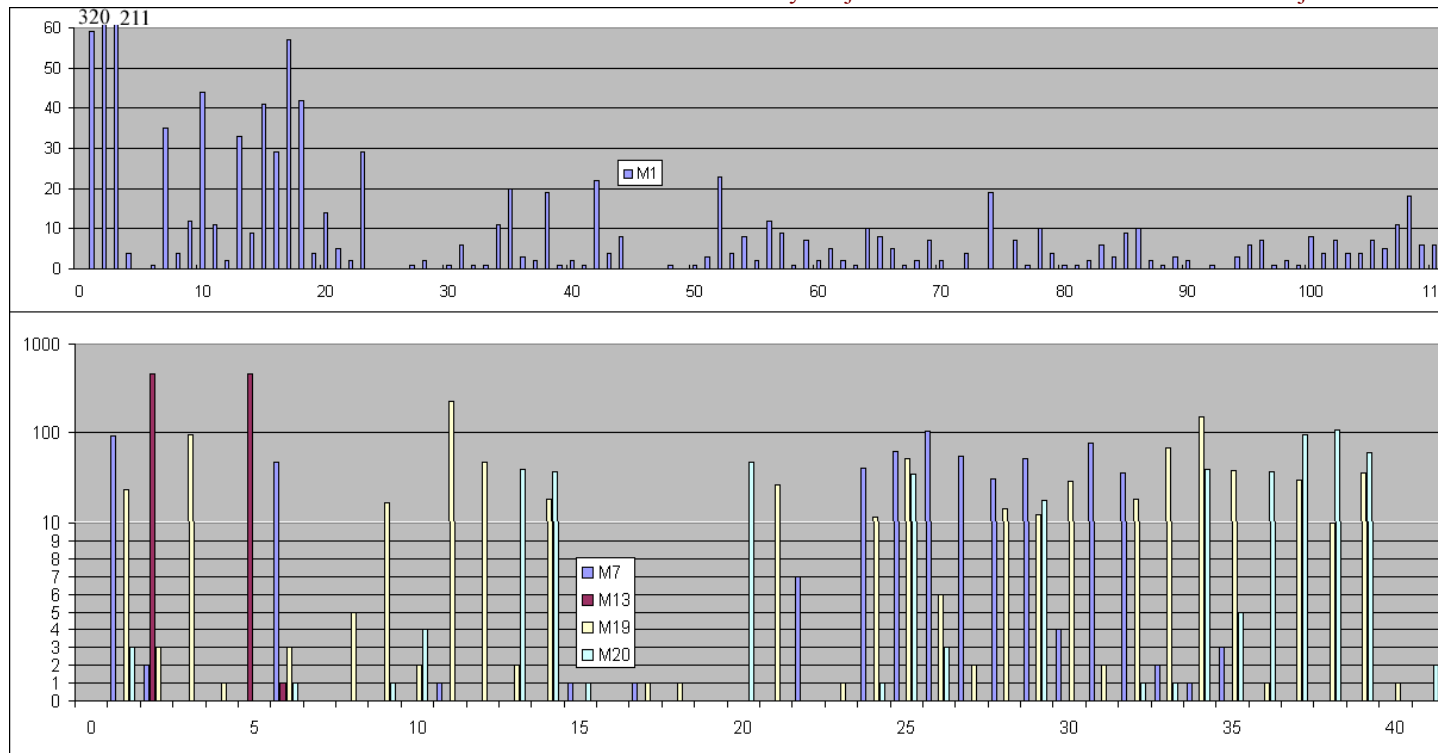
Okazało się, że trzeba tu dodać rozpad klastra globalnego, gdy znaleziono, że jest on złożony z kilku jednocześnie występujących klastrów lokalnych. Badania przeprowadzone zostały w wielu wariantach, w tym – śledzenie takich klastrów globalnych dla całej historii pojedynczej sieci, ale z wielu względów główne wyniki są dla śledzenia ich osobno dla każdego passa free.

Już pierwszy etap – dokładne badania wycinkowe konkretnych kawałków ewolucji agregatu wskazały na konieczność stopniowego przechodzenia od szczegółów do bardziej ogólnych badań. Dlatego kolejnym prezentowanym krokiem jest pokazanie statystyk dla ewolucji konkretnego agregatu. Dalej użyto tu do przykładu bf 103 szczególnie dokładnie analizowany wcześniej, by umożliwić porównanie danych z różnych badań, choć przypadek ten nie jest typowy.

Rys.17. Inne podsumowania dla bf 103.

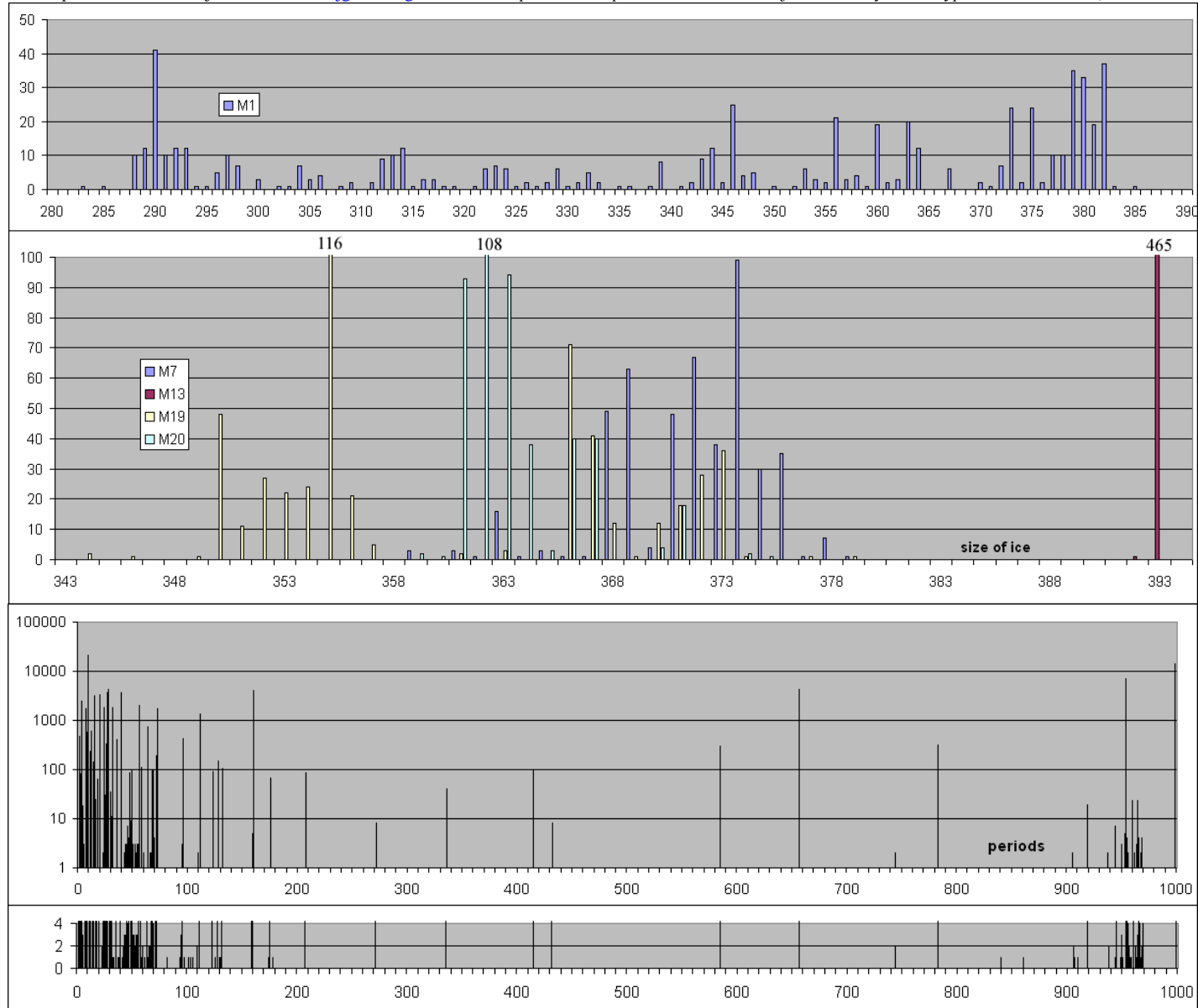
- (a) liczba klastrów lokalnych (różnych okresów) w jednym przypadku kumulacji w zależności od M.
- (b) rozkład wielkości klastrów w zależności od M.
- (c) rozkład wielkości klastra lodu (okres=1, tj. brak zmienności) w zależności od M..
- (d) rozkład okresów, dokładniejsze wyliczenie okresów w rys.16.

W zestawieniu (a) liczby klastrów lokalnych, czyli liczby różnych okresów nodów w jednym przypadku kumulacji w zależności od M, interesujące są aspekty: zakres tego parametru i typowa sytuacja w zależności od zaawansowania ewolucji sieci. Jak widać, na początku ewolucji w M1 liczba



klastrów lokalnych ma największy rozrzut, zmniejszający się dość stopniowo. Liczba klastrów 0 jest nie obsadzona, gdyż ze statystyki (tylko kumulowane) wykluczone zostały przypadki atraktora punktowego PAS. Mimo sporych wartości liczbowych rozkłady dla różnych M mają inny kształt wynikający głównie z fluktuacji, gdyż pokazują one specyfikę danej sieci.

Rozkład wielkości klastrów lokalnych (b) w zależności od M, ze względu na zakres podzielony został między M1 i pozostałe. Poza przedstawionym zakresem nie ma zdarzeń. Dla passów M7 do M20 zakres liczby zliczeń przedstawiono od 10 wwyż w skali logarytmicznej. Podobnie do (a) liczba zliczeń nie jest tu miernikiem dokładności i rozkład jest bardzo nieciągły.



(c) rozkład wielkości klastra lodu (okres=1, tj. brak zmienności) w zależności od M także podzielono na M1 i pozostałe ze względu na zakres. Brak ciągłości wynika tu z tych samych przyczyn co innych klastrów, tym bardziej, że jest on praktycznie ich dopełnieniem. Pojedyncza wartość dla M13 wynika z obecności w całym M13 tylko dwóch małych, ciągle tych samych klastrów lokalnych (patrz rys. 15 i 16). W tym aspekcie pozostałe klastry M7, M19 i M20 są zbliżone – mają mało urozmaicony wybór, natomiast M1 wyróżnia się liczbą wariantów, co widać już na rys. 15 i 16 oraz 17a i b. Jak dalej zobaczymy, nie jest to specyficzna cecha bf 103.

(d) rozkład okresów dla pojedynczej ewolucji sieci, dokładniejsze wyliczenie okresów w rys. 16. Charakter także tego parametru jest podobny do wszystkich pozostałych na rys. 17 - duże i małe zliczenia, wiele pozycji nie obsadzonych oraz brak ciągłości. Zaskakujące intensywniejsze obsadzenie okresów około 960 może wynikać z ograniczenia możliwości pełnej kontroli następnego obrotu.

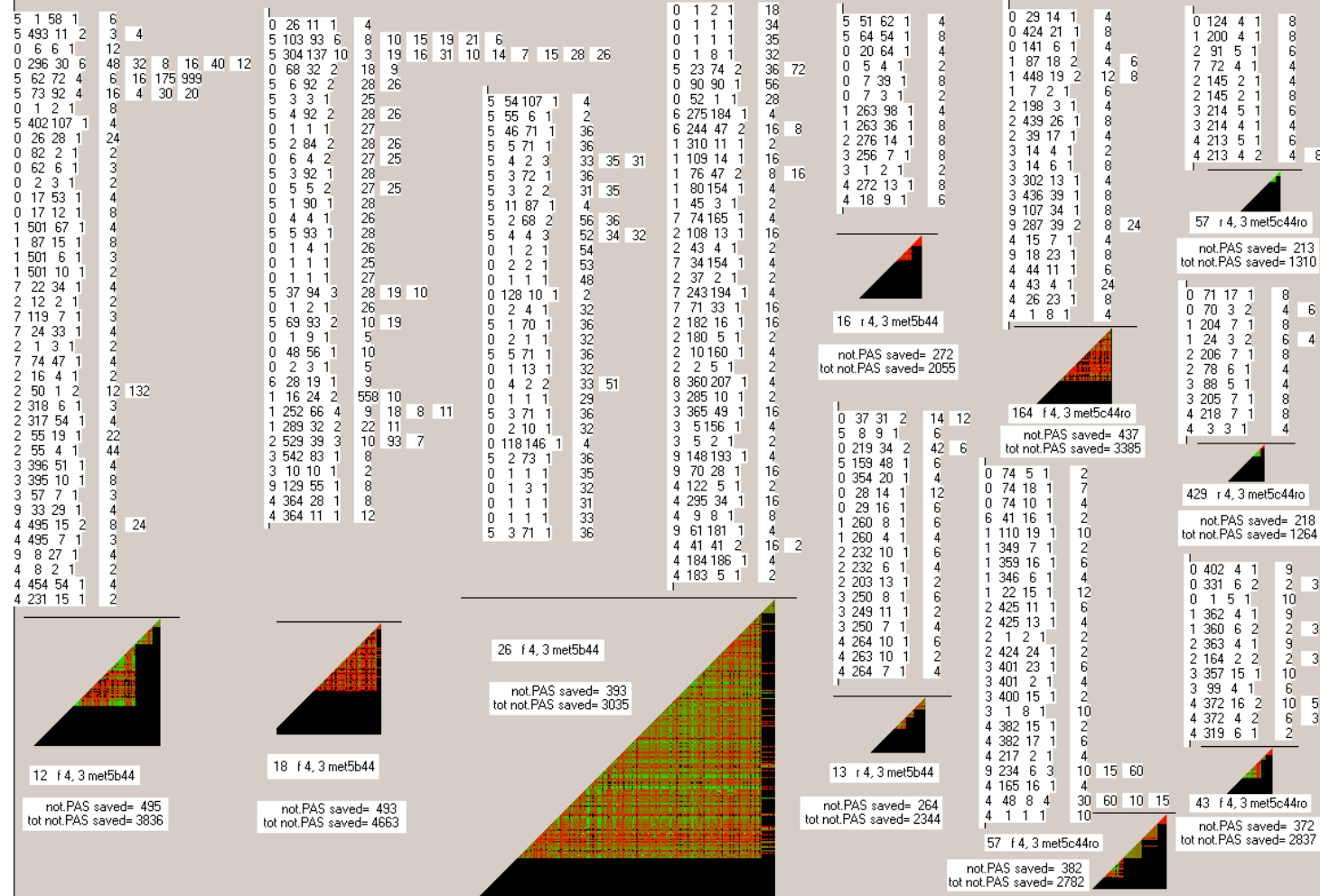
5.7.3 Seria ro – 44 ‘4+7’ 100 M20, badanie statystyczne

Problem wykazania obecności ro-modułów o krótkich okresach jako podstawy mechanizmu podwyższenia stabilności podjęty był od początku badań met5, już w serii 44, ale próby te nie dawały zadawalających wyników. Jednocześnie rosła liczba silnych przesłanek za hipotezą ro-modularności, opisane w rozdz.5.6. Po uzyskaniu wystarczających odpowiedzi na dwa pierwsze pytania zadane w met5, pozostała jedynie kwestia ro-modularności. Przedstawione powyżej szczegółowe, wycinkowe badania wstępne (rozdz.5.7.1) rozszerzone i przetestowane na kilku przypadkach (opisane skrótowo w 5.7.2) dały solidne rozpoznanie mechanizmów ro-modularności, jednak brakowało mu konkretnej podstawy statystycznej, którą można by pokazać. Ta potrzeba stała się podstawą wykonania nowej serii symulacji.

Wyjaśnienie problemu „długości atraktora”, który niepokoił od zauważenia go w serii 45, spowodowało porzucenie planów serii 46 opartej na pilnowaniu, by inicjacja dokonywać w atraktorze. Okazało się bowiem, że problem ten dotyczył głównie serii 45 z małym shiftem, a w serii 44 praktycznie nie było tego problemu. Innym zadaniem w koncepcji 46 było uproszczenie modelu i rezygnacja z blokowania cofania, jednak bliższe przyjrzenie się temu zagadnieniu podczas wstępnych badań szczegółowych serii ro pokazało, że blokowanie cofania jest ważne i dobrze uzasadnione merytorycznie, a jego zaniechanie istotnie zmniejszyło by adekwatność modelu. Wykonanie serii 45 pozwoliło także zrezygnować z 3-stopniowego podwyższania progu długości atraktora i uzyskać w ten sposób jednolity przedział passów M z jednym progiem na początku =7. Zdecydowano więc, że nowa seria z warunkiem ‘4+7’ będzie uzupełnieniem badań serii 44 i będzie to seria podstawowa w met5. Zmieniono także warunek z zadanej liczby 200 liczonych agregatów (sieci) na zadaną liczbę 100 osiągniętych M20, co z uwagi na wyniki serii 44 ‘4+7+20’ dla cr było bardzo wskazane.

Wyniki tej serii zwanej ‘ro’ 44 ‘4+7’ 100M20 są zasadniczo niemal identyczne z uprzednio podstawową i już opisaną w rozdz.5.4 serią 44 ‘4+7+20’ 200agr. Najważniejsze drobne różnice zostały podane w rozdz.5.4 na **rys.4a i 5a**, oraz dokładniejsze dane pozwoliły wyjaśnić problem pokazany na **rys.6**.

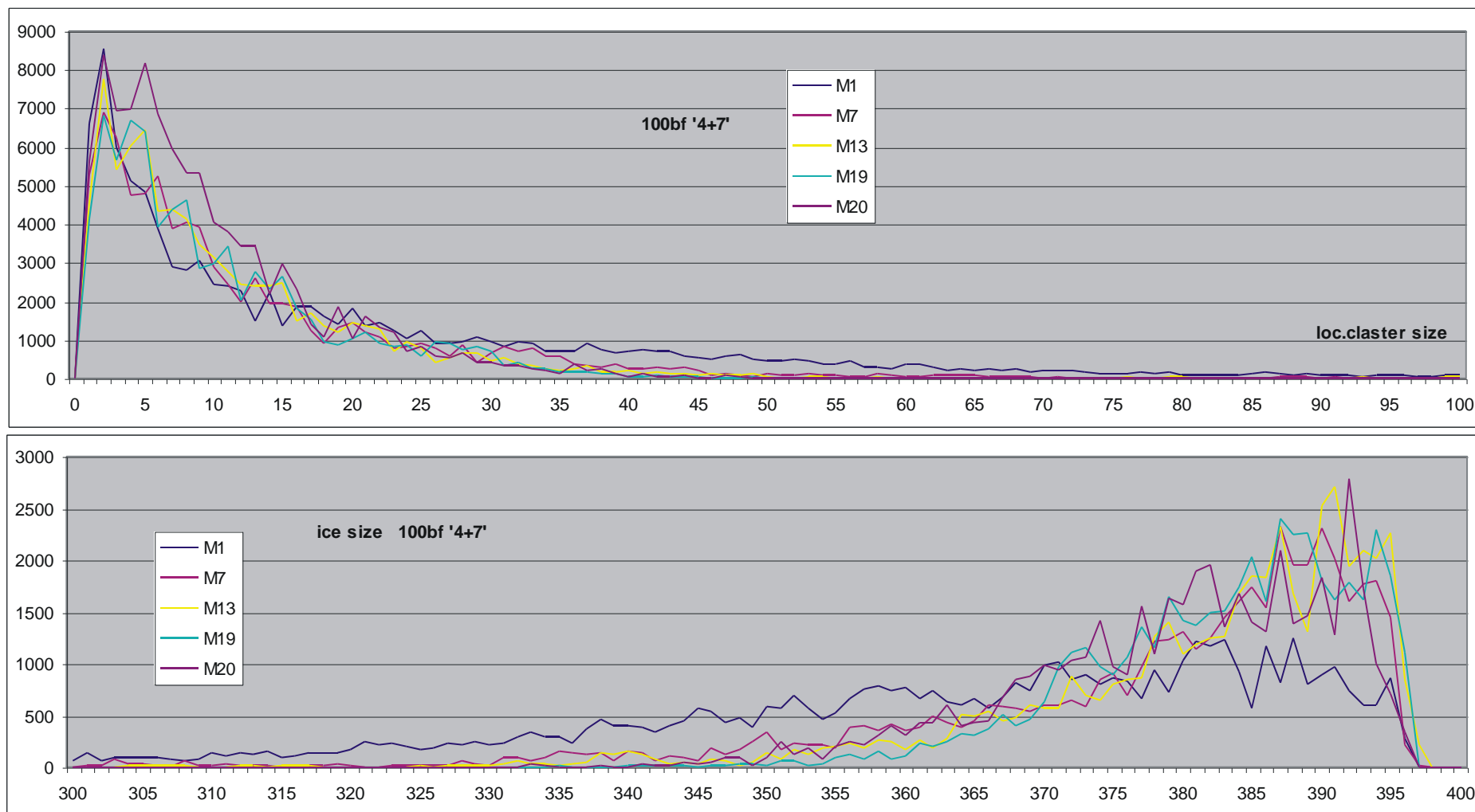
Głównymi, nowymi wynikami są jednak statystyczne podstawy obrazu ro-modularności. Przedstawiają je rys.18 i 19 wraz z opisami, których nie warto powtarzać w tekście. Na **rys.18** przedstawione są przykłady wyników symulacji konkretnych sieci wszystkich formuł – zestawy i historia klastrow globalnych oraz ich graficzna wersja w passie M20. Rysunek ten wyrabia pogląd, co jest podsumowane dalej w wynikach statystycznych na **rys.19**. Głównym problemem jest tu reguła śledzenia klastrow globalnych, która opiera się na podobieństwie, a ono ma pewną wagę i bierze pod uwagę wiele kryteriów o dyskusyjnym znaczeniu. Nie jest istotne, jak bardzo jest to dopracowane, użyto formuły dość prostej, ale już taka formuła daje pogląd na zjawisko. Już sam **rys.18** jest przekonujący, że klastry globalne – ro-moduły istnieją. Wyniki statystyczne pokazane na **rys.19** służą głównie do wyrobienia sobie obrazu skali rozmaitych parametrów tego zjawiska i lepszej intuicji jego mechanizmów. Pozwalają one na ocenienie wpływu różnic między formułami, czyli modelami c – bez jakiegokolwiek wstępnej regulacji, sam start z atraktora punktowego i b – modelu z minimalną regulacją; oraz różnic między sieciami f – scale free i r – „random”.



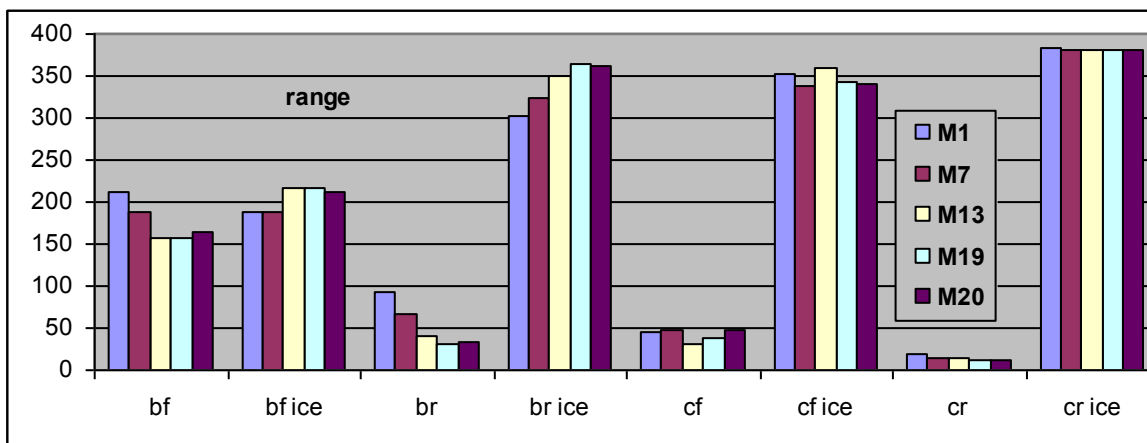
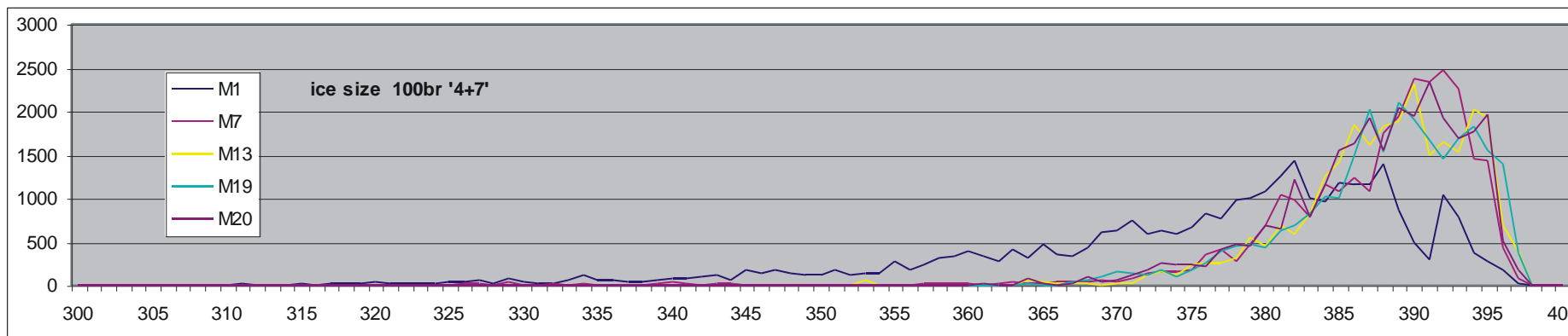
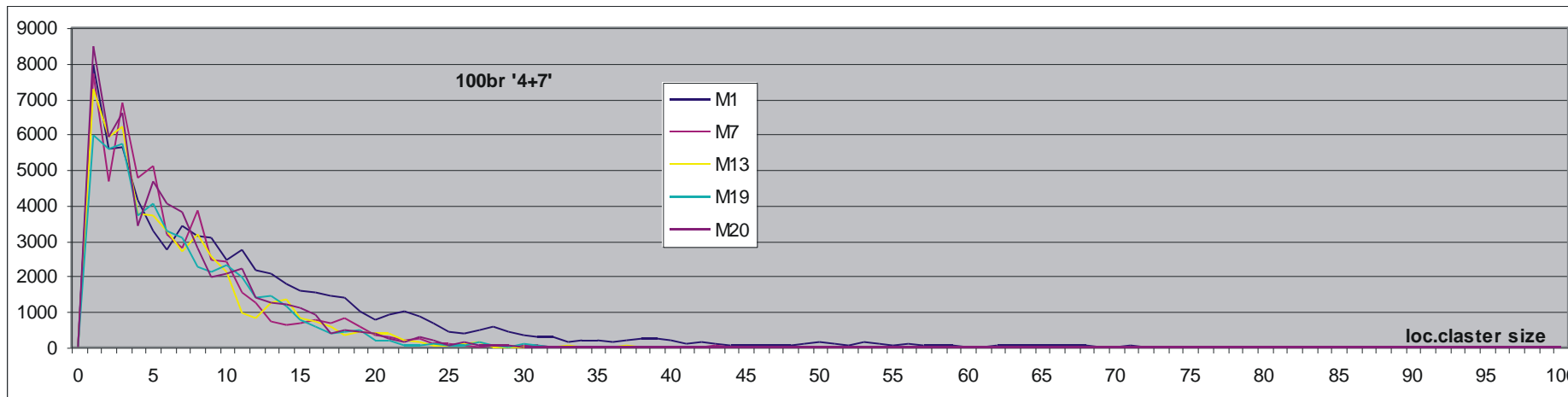
Rys.18. Przykładowe historie dynamicznych klastrów globalnych śledzonych statystycznie w serii ro 44 '4+7' oraz wynikowy obraz klastrów globalnych wyznaczanych w M20 na podstawie korelacji występowania w klastrach lokalnych. Pierwsze 4 liczby to: 1-numer passu free (0 – M1, 1-M7, 2-M13, 3-M19, 4-M20; gdy dany klaster okazał się złożeniem kilku klastrów lokalnych występujących jednocześnie, to był deaktywowany, co obrazuje dodanie 5, a jego składniki budowały nowe klastry globalne). 2-liczba wystąpień w danym passie free. Nie może ona być większa od podanej osobno liczby kumulacji w tym passie (not PAS saved=), poniżej której podana jest liczba wszystkich kumulacji od początku passów N do końca passu M20. 3- liczba nodów składających się na ten klaster. 4- liczba różnych okresów, jakie miał ten klaster. Są one dalej wyspecyfikowane w tej samej linii. Trójkąty korelacji (patrz rys.16) podane są jedynie w zakresie występowania aktywnych nodów po uszeregowaniu, zawsze w tej samej skali – jeden piksel wskazuje wspólne występowanie dwóch nodów. Ponadto, jako element identyfikujący podana jest linijka z numerem liczonego agregatu, typem sieci (f lub r), dalej s,K, tu zawsze 4,3 i symbol serii (dla b nie wpisano 'ro'). W przypadku 12bf (12 f 4, 3 met5b44) w M1 pierwszy i drugi klaster rozpadły się, ale nie można wskazać na które. Pierwszy po jednym wystąpieniu i zgromadzeniu 58 uczestników, drugi po 493 razach i uzbieraniu 11 uczestników. Pierwsze klastry w passie mają oczywiście największą szansę na rozpad, co szczególnie widać w trzecim przykładzie (26bf). Trzeba zaznaczyć, że reguły śledzenia są tu dość proste i miały za zadanie jedynie zgrubne rozpoznanie zjawisk. W M20 tej (26bf) sieci 2 klastry (drugi i trzeci) wystąpiły 495 razy, czyli w każdym przypadku kumulacji.

Rys.19. Wyniki serii met5 ro 44 '4+7' 100M20 w zakresie statystyki klastrow lokalnych i globalnych tworzących stan ro-modularności.

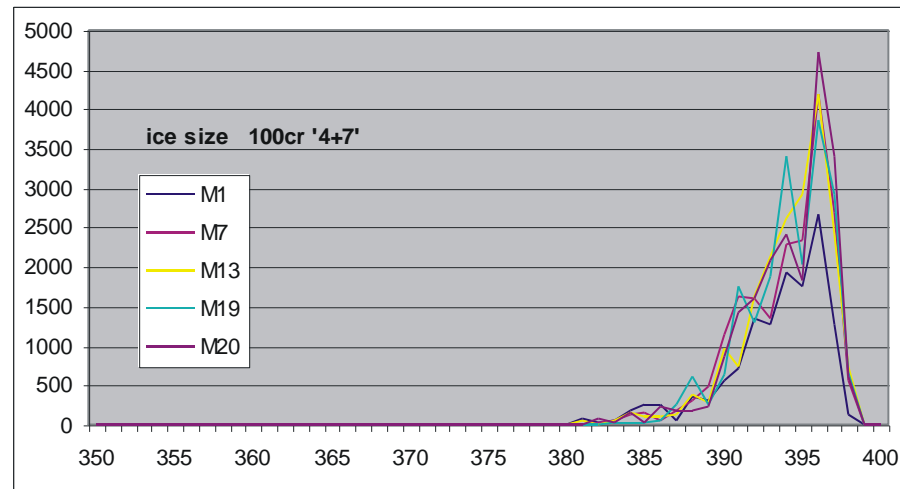
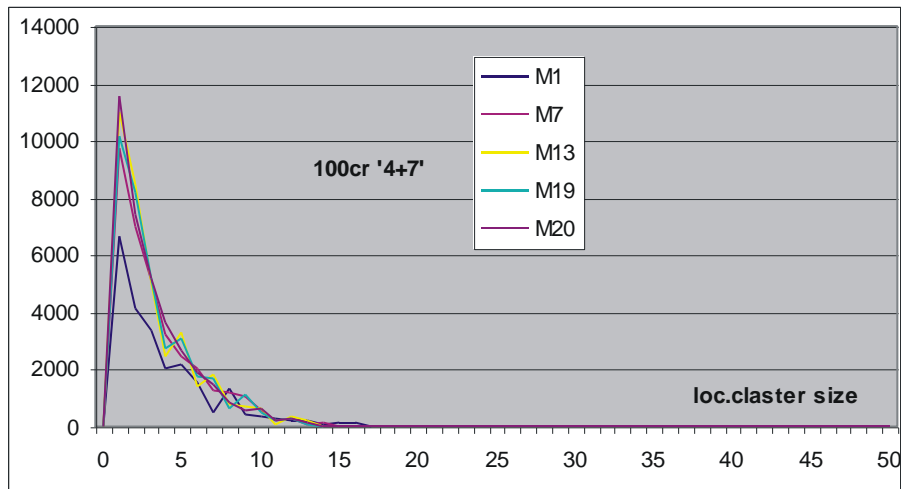
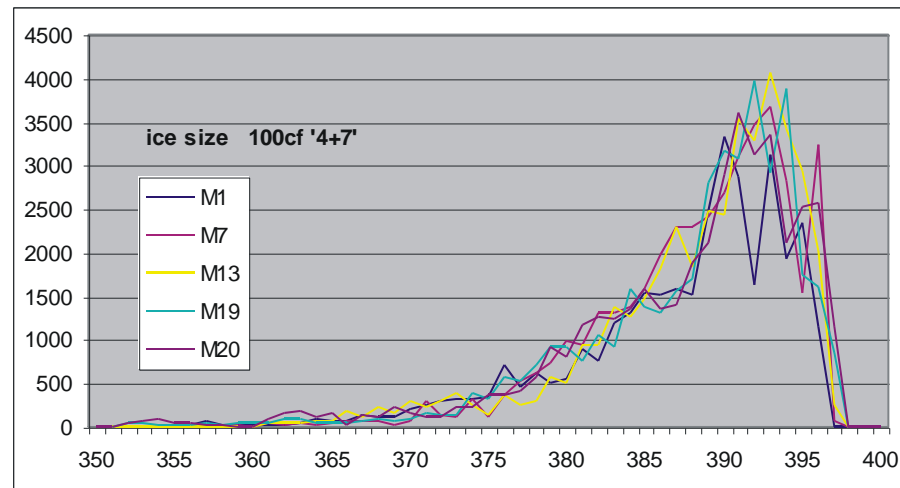
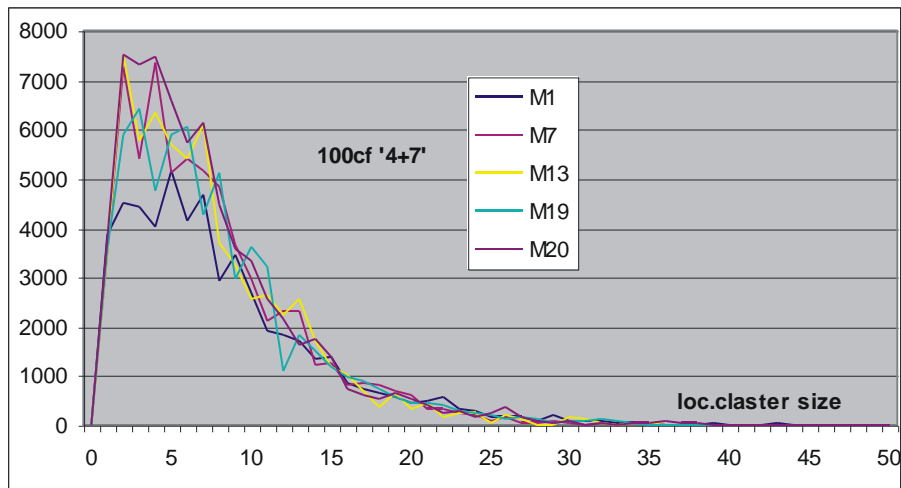
- (a) – Rozkłady rozmiaru klastrow lokalnych i lodu dla formuł bf,br,cf,cr w zależności od M - passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0.
 (b) – Średnie rozmiary klastrow lokalnych i lodu oraz średnia liczba klastrow lokalnych i globalnych dla formuł w zależności od M.
 (c) – Rozkłady liczby klastrow lokalnych dla formuł w zależności od M.
 (d) – Rozkład liczby okresów w klastrach globalnych dla bf w zależności od M i średniej liczby okresów dla formuł.
 (e) – Rozkłady wielkości okresów dla formuł bf,br,cf,cr z przedziału M1-20, dla modelu b także M7-20.



(a) – Rozkłady rozmiaru klastrow lokalnych i lodu dla formuł bf (powyżej) i br,cf,cr (poniżej) w zależności od M - passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0. W przypadku bf zakresy rozkładów są większe, tzn. ogony są ucięte. Zakresy podane są niżej osobnym wykresem.

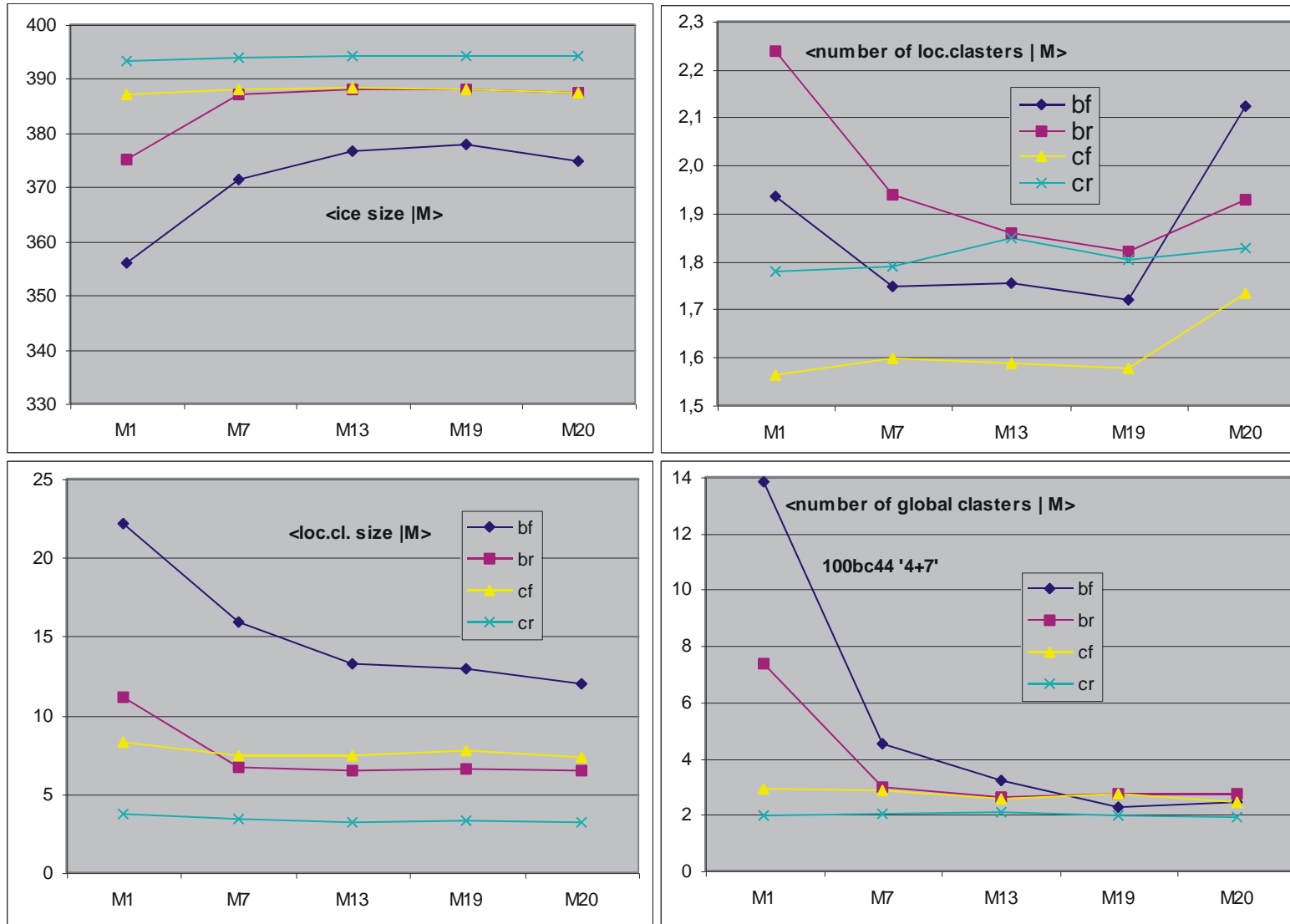


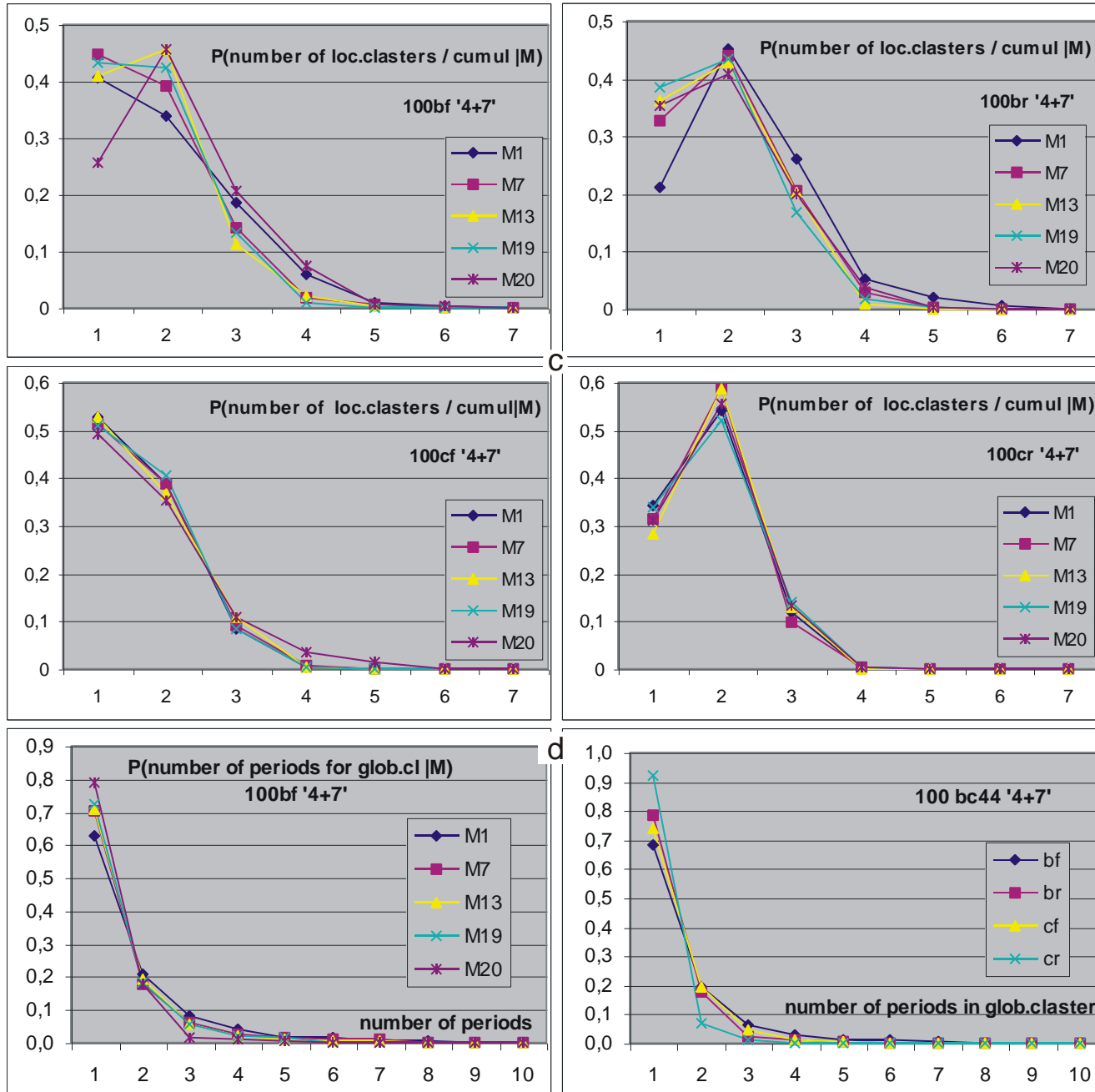
Zakres rozmiarów klastrow lokalnych i lodu. Jest to pierwszy punkt, w którym suma zliczeń w ogonie przekracza wartość 5. Dla klastrow jest to zakres od 0 do wysokości słupka, a dla lodu od górnego końca słupka do 400. Jak widać, jedynie bf M1 zachodzi lód na klastry, w pozostałych przypadkach pozostaje przerwa. Rozkłady powyżej pokazane zostały nie koniecznie całe, np. bf wyraźnie ma ucięte ogony.

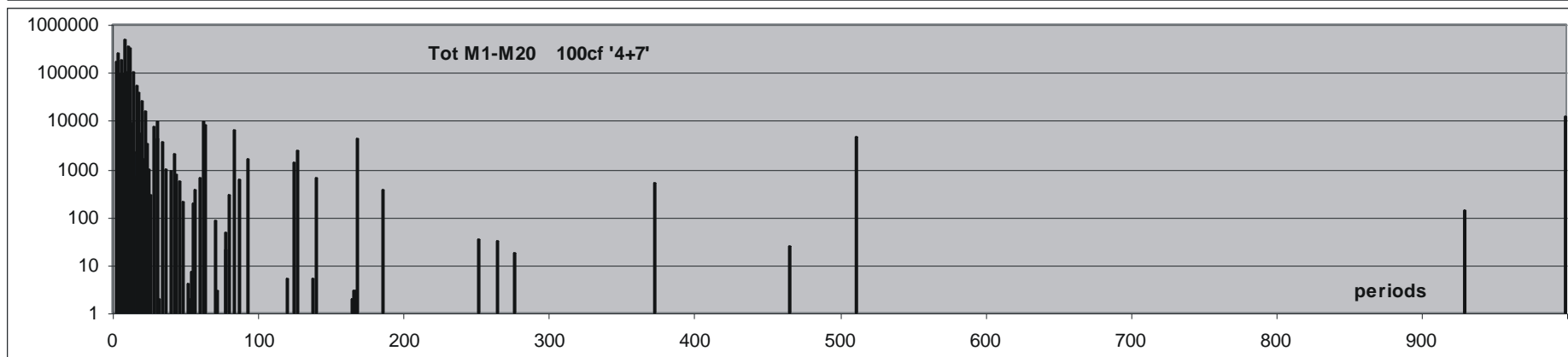
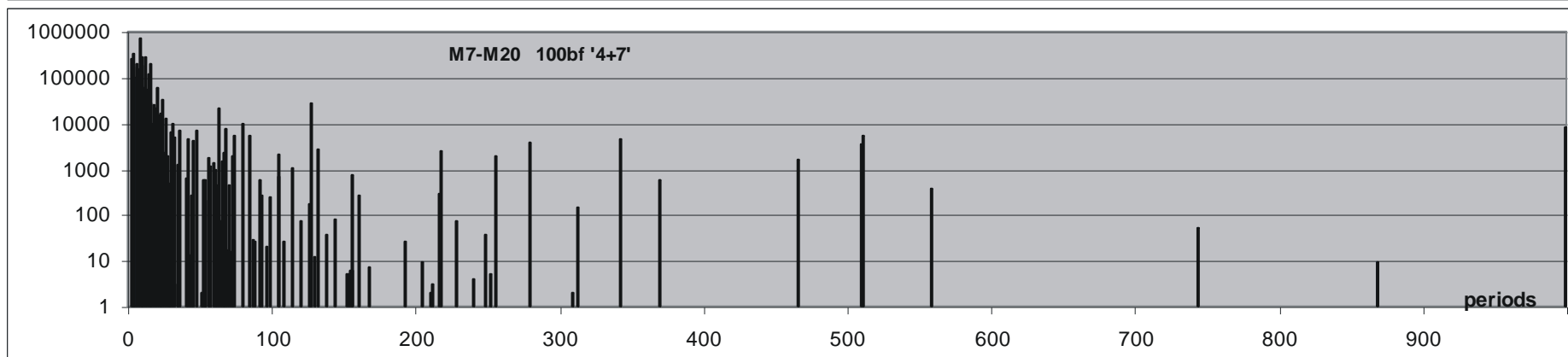
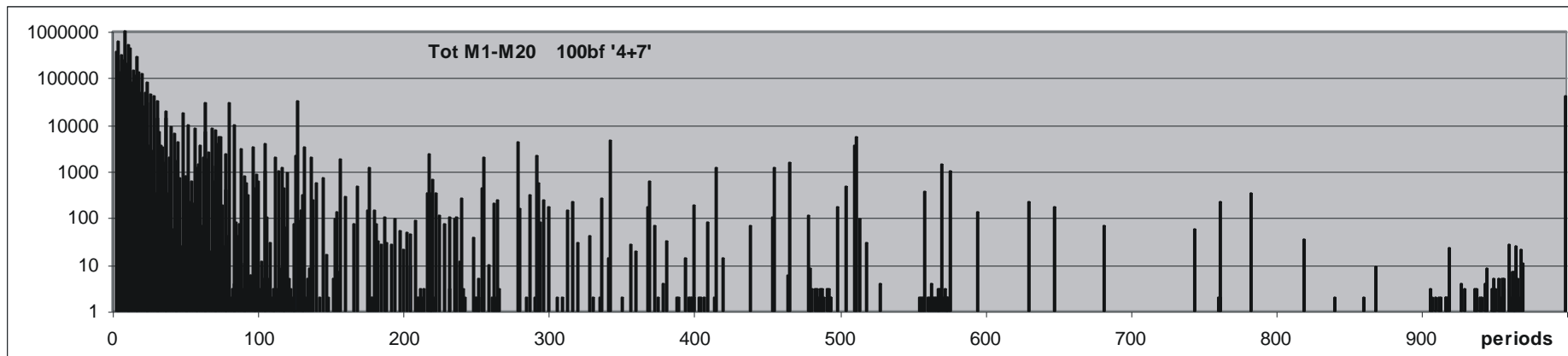


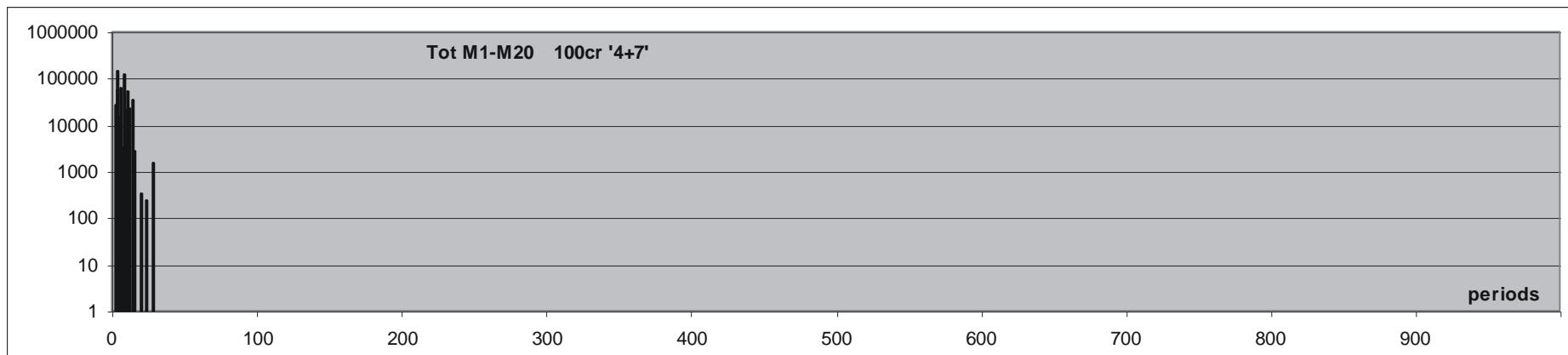
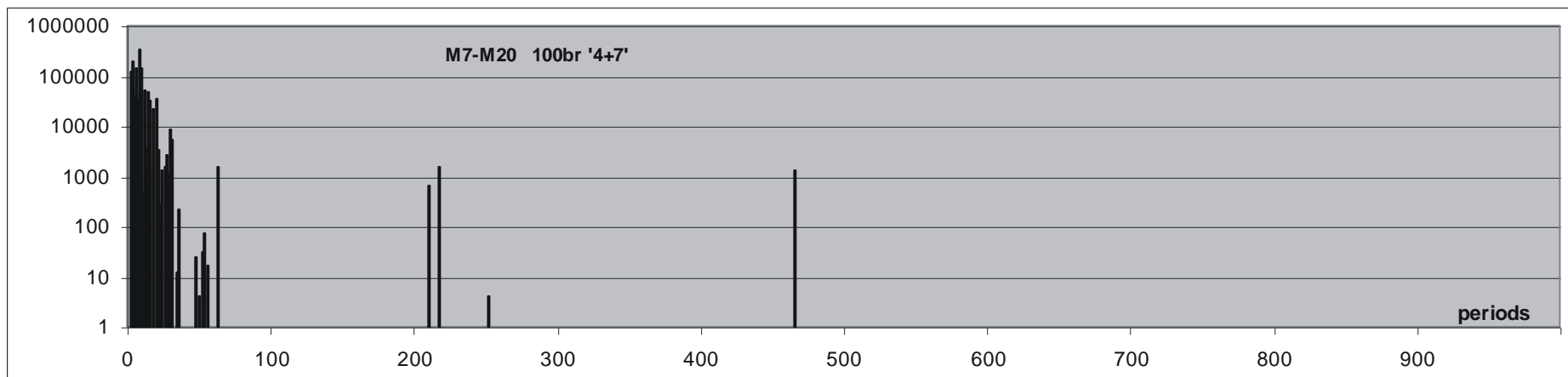
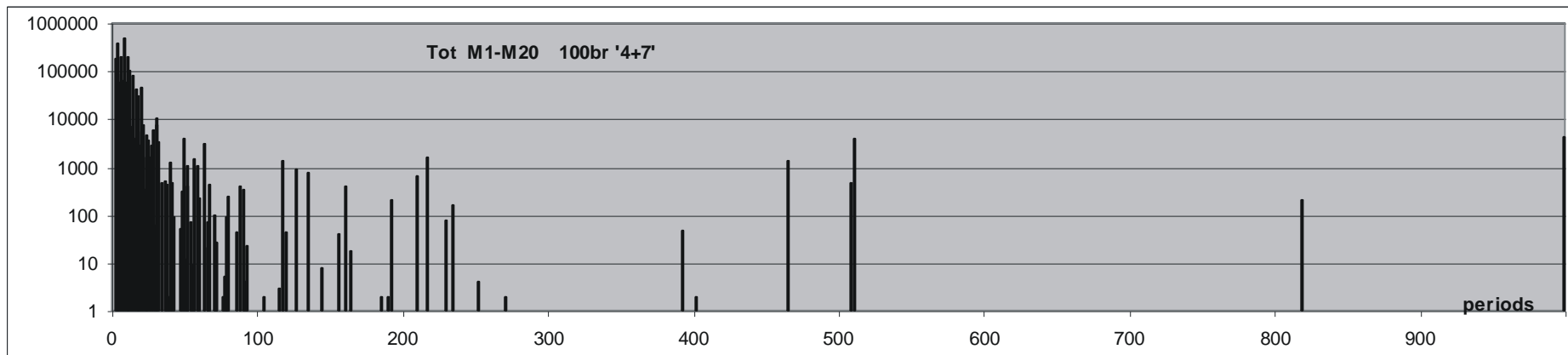
(b) – (Poniżej) Średnie rozmiary klastrow lokalnych i lodu (po lewej) oraz średnia liczba klastrow (po prawej) lokalnych (u góry) i globalnych (na dole) dla formuł bf,br,cf,cr w zależności od M – passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0. Rozkłady rozmiarów klastrow lokalnych i lodu pokazuje wyżej (a). Ponieważ klastrow lokalnych jest zwykle około 2 (patrz z prawej i (c)), to suma średniego lodu i średniej wielkości klastrow nie daje 400.

Rzuca się w oczy szczególnie duża liczba klastrow globalnych dla passu M1 w modelu b. Ta początkowa różnorodność w wyniku procesu zanika i wszystkie formuły kończą na liczbie 2. Średnia liczba lokalnych klastrow też jakby zbiegała do okolic 1.7, ale w M20 nagle średnia ta rośnie. Jediną różnicą względem M19 jest tu wymuszenie niemalenia atraktora, które musi odpowiadać za ten wzrost (po to dodano M20).



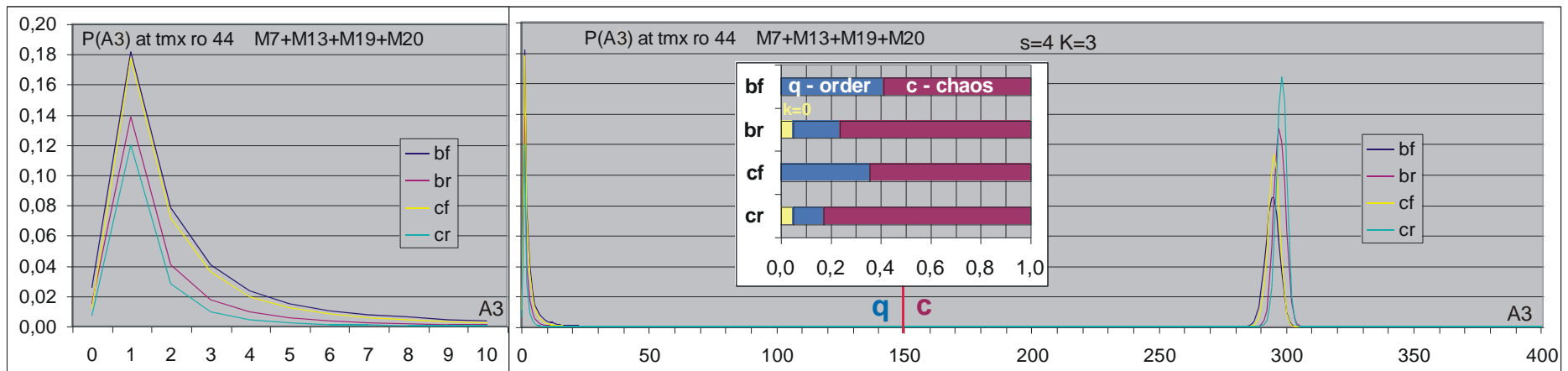






5.8 Wnioski - podsumowanie

Głównym zadaniem badań met5 było wykazanie, że długa kumulacja małych zmian (mały efekt małego zaburzenia) nie wyprowadza ze stanu ‘półchaosu’ znalezionej w met4 dla atraktora punktowego, w którym jednocześnie występuje charakterystyczny dla sieci chaotycznych pik dużych damage odpowiadający równowadze Derridy oraz pik lewy, zawierający znaczącą część skutków małej permanentnej zmiany inicjującej, o typowym charakterze sieci uporządkowanych. Taki właśnie obraz przedstawia **rys.20**, który jest sumą wyników z passów free M7,13,19 i 20 w serii ro 44 ‘4+7’. Pass M20 100 agr zakończył się skumulowaniem w formułach bf,br,cf,cr odpowiednio 408693, 236527, 328056, 171677 zmian, na dokładkę ukierunkowanych w stronę przeciwną do potrzeb zachowania stabilności (bez powrotu do atraktora punktowego, a nawet do małych atraktorów<7). Złożenie danych do prezentacji na **rys.20** ze wskazanego odcinka procesu uzasadnione jest ich praktyczną idetycznością (stwierdzoną roboczo, patrz także **rys.4a**), pominięto dochodzenie do tego stabilnego stanu w passach N1 do M1, oraz passy M nie free, w których wyniki statystyczne zaburzał silny warunek blokady cofania (**rys.4b**).



Rys.20. Dwa pik w rozkładzie wielkości damage. Seria ro 44, ‘4+7’ 100M20, passy free M7,13,19 i 20. Wariant ‘4+7+20’ daje wizualnie idetyczne wyniki. Pik lewy dla bardzo małych wynikowych zmian funkcjonowania zawierający przypadki uporządkowane (ordered) i pik prawy, zawierający przypadki klasycznej, chaotycznej równowagi Derridy. Oba te typy reakcji na małe zaburzenie występują tu jednocześnie, w tej samej sieci, powstałej przez kumulację małych zmian (do połowy poziomu równowagi Derridy, przyjęty próg=150) wychodząc ze stanu atraktora punktowego. Poza tymi dwoma warunkami merytorycznymi (atraktor punktowy na początku i małe zmiany) oraz warunkami technicznymi przyspieszającymi i intensyfikującymi odchodzenie od PAS0 - atraktora punktowego (nie kumulowane są powroty do atraktora <7, w tym - punktowego) nie ma tu innych warunków. W passach pomiędzy wskazanymi passami free dodatkowo blokowane jest cofanie skumulowanych zmian. Pozostałe parametry, takie jak połączenia węzłów, funkcje i stany (poza pierwotnym wymuszeniem atraktora punktowego (model c i b) i minimalną początkową regulacją (model b)), pozostają losowe. Wtrącono diagram proporcji porządku q i chaosu c, na którym wyraźnie widać, że stopień porządku q jest porównywalny ze stopniem chaosu c. Dla sieci r część tego porządku jest jednak wynikiem obecności węzłów ślepych, tj. bez wyjść (k=0), których inicjacja nie daje żadnego efektu.

Obecność prawego pik - równowagi Derridy, świadczy o chaotycznym charakterze sieci. Sieć losowa o zastosowanych tu parametrach s=4, K=3 jest silnie chaotyczna. Wystarczy jedna akceptacja zmiany chaotycznej, by sieć stała się typową siecią chaotyczną. Jednak obecność pik lewego zawierającego odpowiednio dla formuł bf, br, cf, cr: 41, 24, 36, 17 % wszystkich przypadków inicjacji (co pokazuje wtrącony diagram proporcji porządku q i chaosu c), świadczy o możliwości długiej ewolucji biologicznej w takiej sieci. Eksperyment ten wykazał bowiem (głównie **rys.4a**, także **rys.5a**, **8** i **10a**), że kumulacja małych zmian nie prowadzi do zaniku pik lewego i powrotu do pełnego chaosu, a przedstawiane proporcje porządku i chaosu są trwale z dostateczną pewnością. Różnice pomiędzy siecią bez regulacji (model c) a siecią z regulacją minimalną (model b) są wyraźne, ale nie zasadnicze. Świadczy to o podstawowym znaczeniu mechanizmu utrzymywania specyficznego stanu „półchaosu”, (którego wariantem jest „półchaos” oparty na mechanizmie „ro-modularności”) poprzez kumulowanie małych zmian podczas ewolucji. Regulacja jest mechanizmem zbędnym, dodatkowym, a nie pierwotnym, co jest zaskakującym wynikiem tych badań. Jako mechanizm dodatkowy może ona radykalnie zwiększyć stabilność, czyli udział

uporządkowania, ale w obu przypadkach zmiany ewolucyjne muszą być małe, a to już wystarczy do utrzymania stanu „półchaos”, który jednak musi być stanem początkowym.

Drugim zadaniem met5 było osiągnięcie granic półchaosu od strony PAS0 poprzez dobór parametrów procesu, oraz określenie charakteru tych granic. Reguły serii 44 okazały się niewystarczające do tego celu. Wykonano więc uzupełniającą serię 45 intensyfikując okoliczności, które powinny prowadzić do destabilizacji: zmniejszono przesunięcie (shift) z 50 do 2, dla atraktora zamiast niskich progów postawiono warunek, by niemalą, ponadto ograniczono wygasanie zmiany przez warunek $A3h > 2$. Mimo tych warunków nadal warunek kumulacji małych zmian okazał się wystarczający i nawet w najbardziej „chwijnej” formule bf nie uzyskano wejścia w chaos. Uzyskano natomiast w bf znaczne wydłużenie czasu pojawiania się eksplozji do chaosu, co wymagało sprawdzenia w najbardziej skrajnych przypadkach znacznie dłuższego odcinka tmx. Na 200 agregatów tylko jeden bf 176, (rys.9b,c) nie osiągnął stanu stabilnego, co daje prawo podejrzewać, że może on wchodzić w chaos, jednak doświadczenia pozostałych przypadków sugerują, że i on utrzyma pik lewy na istotnie podwyższonym poziomie. Brak realizacji tego zadania, tj. brak dojścia do chaosu nie oznacza niepowodzenia, raczej jest to bardziej pożądany efekt, świadczący o sile tak prostego warunku zmienności kumulowanej i realnej odmienności badanego tu stanu nazwanego półchaosem.

Trzecim zadaniem było sprawdzenie tezy nazwanej „ro-modularnością”, że specyfika badanego obszaru podwyższonej stabilności (półchaosu) polega na wielu krótkich, prawie niezależnych pętlach. Tu ostatecznej odpowiedzi udzieliły badania okresów zmienności stanów nodów. Okazało się, że większość nodów sieci nie zmienia stanu, co za Kauffmanem nazwane zostało lodem. Jest to charakterystyczna cecha systemów uporządkowanych, choć parametry systemu, gdyby był on losowy, wskazywałyby na silny chaos. Jednocześnie w sieci występuje kilka, średnio około 2 klastry (zbiory nodów o tym samym okresie cyklu stanów, średni okres około 10) zwane roboczo lokalnymi zawierające średnio po kilka, kilkanaście nodów (rys.19b). Klastry te w bardzo zbliżonej postaci występują w kolejnych kumulacjach, bywa, że zmieniają okres, zanikają (zamarzają, czyli przyjmują stan stały, okres=1), a następnie pojawiają się nawet po dłuższym czasie ewolucji. Ta stabilność świadczy o ich realności. Ich potencjalna obecność specyficzna dla danej sieci, wyraźna tożsamość, choć obarczona zmiennością, tworzy klastry globalne. Te doświadczalnie obserwowane klastry (rys.15-19) odpowiadają hipotetycznym ro-modułom. Obszar lodu jako klastery lokalny (chwilowy) zajmuje większość sieci (ponad 370 na 400 nodów, rys.19b). W przypadku atraktora punktowego była by to całość, jak widać, mało do tego pozostaje. Ro-modularność różni się od modularności istotnie – tu podstawowym czynnikiem jest lód, który izoluje ro-moduły, których istotą jest aktywność jako odróżnienie od tego lodu. Moduły, które w met8 okazały się współdziałać z tym zjawiskiem, istotnie go wspomagają i umiejscawiają, ale same moduły nie wystarczają. Obserwowana podwyższona stabilność nie wynika tu ze specyfiki samych funkcji, gdyż wystarczy kumulacja jednej eksplozji chaotycznej, by stan półchaosu znikł pozostawiając zwyczajny chaos, mimo pozostawienia funkcji bez zmian. **Półchaos jest tu specyficznym układem funkcji i stanów nodów**, przy czym wykrycie tego stanu przez badanie statystycznych cech stacjonarnych rozkładów stanów lub własności funkcji może być niemożliwe. W przeprowadzonych symulacjach zadbano, by te rozkłady były poprawnie losowe. Półchaos odpowiada obszarowi ciekłemu w ujęciu Kauffmana, ale nie jest to stan sieci losowej, tylko specyficznej. Jego najważniejszą cechą jest obecność cech uporządkowania i chaosu jednocześnie (półchaos) i możliwość utrzymania tego stanu w ewolucji przez proste ograniczenie wielkości wynikowych zmian kumulowanych drobnych zmian permanentnych. Jak okaże się w następnym rozdziale o met6, półchaos jest terminem szerszym niż ro-modularność – w systemie badanym w met6 półchaos jest obecny ale ro-modularność nie.

6 Start z krótkiego atraktora, a nie z PAS0 – met6

6.1 Wstęp

Jak poprzednie rozdziały opisujące kolejne metody, niniejszy jest kontynuacją wcześniejszych, i wiele terminów wprowadzonych wcześniej nie jest tu powtórnie definiowanych. **Badania te dotyczą** propagacji damage po małym permanentnym zaburzeniu (modelującym zmianę ewolucyjną) w złożonych autonomicznych sieciach Kauffmana rozszerzonych względem Boolowskich do $s=4$ równoprawdopodobnych wariantów sygnału. Wszystkie nody w sieci mają $K=3$ wejść i dowolną liczbę k wyjść. Rozkład k może odpowiadać różnym typom sieci, badane są tu f – scale free Barabasi-Albert i r – „Random” Erdos-Renyi. Struktura połączeń sieci jest losowa i stała. Stany początkowe są losowe. Funkcje też są losowe, ale ta losowość jest nieco zaburzona w procesie wymuszania krótkiego atraktora. Ewolucja składa się ze zmian „akceptowanych” tj. takich małych zmian permanentnych – punktowych zmian (dla jednego stanu wejściowego) wartości funkcji jednego nodu, po których damage nie przekroczyło progu około połowy stanu równowagi Derridy w sieci chaotycznej.

W met4 wykazano, że startując ze skrajnie małego atraktora o długości 1, czyli z atraktora punktowego, uzyskuje się specyficzny stan podwyższonej stabilności, charakteryzujący się dwoma pikami w rozmiarze damage – klasycznym poziomem chaotycznej równowagi Derridy i pikiem małych damage odpowiadającym sieci uporządkowanej. Pomiędzy tymi pikami, na dużym odcinku brak jest zliczeń. Dalej w met5 wykazano, że ze stanu tego nie wyprowadza długa ewolucja kumulująca zmiany małe, należące jedynie do uporządkowanych. Wskazano mechanizm (ro-modularność) tego specyficznego stanu, który nazwano półchaos. Stan ten odpowiada obszarowi liquid (ciekłemu) wskazanemu przez Kauffmana, ale nie jest to stan systemu losowego, tylko specyficznego, a do jego wskazania nie wystarczają proste parametry systemu takie jak s i K .

Sukces met4 i met5 każe sprawdzić, czy startując z mniej radykalnego początku, tj. z atraktora małego, ale nie punktowego, otrzyma się podobne wyniki.

Celem podjęcia met6 jest więc:

- (1) przede wszystkim stwierdzenie, czy wychodząc z wymuszonego małego atraktora także dostanie się podwyższoną stabilność. To przewidywanie jest w zasadzie pewne dla bardzo małych atraktorów (i przyjętego shiftu=50). **Należy więc użyć atraktora możliwie większego.**
- (2) Drugim zadaniem jest sprawdzenie czy kumulacja zmian akceptowanych pozwala na długą ewolucję, która nie wyprowadza z tak zapoczątkowanego stanu specyficznego.
- (3) Trzecim zadaniem jest sprawdzenie czy mechanizm podwyższonej stabilności (jeżeli jest) jest podobny do „ro-modularności” wskazanej w met5. Brak powodów do powstania „lodu” koniecznego w tym mechanizmie sugeruje, że mały atraktor może nie wystarczyć i ewolucja będzie wyprowadzać do chaosu.

6.2 Mały atraktor

6.2.1 Uzyskiwanie małego atraktora

Aby uzyskać mały atraktor zastosowano metodę zbliżoną do met1 i 2: od określonej chwili czasu tax korzystano z aktualnych stanów wejściowych dotąd nieużywanych, dla których zmieniano punktowo funkcję tak, by dała wynik z chwili wcześniejszej o tax . Ideą było stopniowe zbliżanie w trakcie drugiego obrotu cyklu o długości $tax+1$ do powtórzenia cyklu poprzedniego. Po wejściu w taki atraktor (o długości $tax+1$) przesuвано początek badania stabilności w zakres atraktora.

Podobnie jak w badaniach met5, stosowano sieci f i r o $N=400$ nodów, $s=4$ i $K=3$.

Początkowo szukano atraktora o długości 200 na $tmx=10000$, ale dla 200 agr f i r nie pojawił się ani jeden – nie wystarczyło stanów nieużywanych. Sprawdzono więc mniejsze tax dla małego $tmx=200$. Okazało się, że dla $tax=50$ też się nie udało, ale dla $tax=40$ w 3 agr f powstały atraktory o długości 41, a dla $tax=35$ było już 23 krótkich atraktorów, ale także tylko dla f . Dopiero dla $tax=30$ na 200 agr dla f znalazło 96 ($95*31+1*62$) a dla r 9 krótkich atraktorów 31. Wstępnie przyjrano się tym wynikom i uznano, że atraktor rzędu 30 jest wystarczający do badań. Przedłużając tmx do 10000 nie uzyskano ani jednego więcej krótkiego atraktora. Dla $tax=19$ wszystkie agr f i r miały znaleziony atraktor. Zwykle pierwsze pojawienie się wartości z tmx to $t=20$ ale dla f było $22*40$, a dla r $25*40$ i $1*60$. Wstępne wyniki stabilności dla atraktora=31 były zbliżone do uzyskanych dla atraktora=20, więc ograniczono badania do tego ostatniego.

6.2.2 Badanie stabilności uzyskanego systemu z małym atraktorem

Pierwszy komplet inicjacji badany był bez kumulacji, by określić stan uzyskany przez wymuszenie atraktora. Odpowiada to met4 badające stan PAS0. Tu nie analizowano bliżej wyników statystycznych, jedynie oceniono sytuację obserwując krokodyle – właściwe badania przesunięto na pełne doświadczenie wraz z ewolucją, gdzie zastąpiło ono passy wstępne N. Obraz krokodyli nie jest ciekawy. Charakteryzują się one bardzo cienkim dolnym paskiem, dla atraktora=20 z widoczną strukturą o cyklu 20.

Przesuwanie w zakres atraktora nie dało wzrostu q , ale pozostawiono to przesunięciu.

6.3 Badanie ewolucji – kumulacja zmian jak w passach M met5 ro 44

Do badania ewolucji wykorzystano program z met5 ro 44, jako najbardziej adekwatny oraz pozwalający na porównanie wyników z met5. Jest to 5 passów free (1,7,13,19 i 20) bez blokady cofania zmian, pozostałe mają tę blokadę. Pozostawiono warunek, by atraktor nie był mniejszy niż 7, a w M20 by nie malał. Wstępnie wykonano symulację 10 agr f,r 4,3 dla tax=19, ale co drugi stan po shif=50 (przesunięcie po kumulacji) był w tym samym miejscu atraktora, co wprowadzało niepożądane korelacje (rys.1f).

Jako ostateczną serię wykonano symulację 200 agregatów f i r ; s,K=4,3, tmx=1000 dla tax=20, tak, by długość atraktora =21 nie miała wspólnych dzielników z shift'em. Tu dla f w 2 agregatach nie znalazło atraktora. Jak się okazało, warunki kumulacji na długość atraktora nie zostały ani raz użyte – zawsze atraktor był przynajmniej równy 21, a w M20 nigdy nie pojawił się podwojony, co bardzo sporadycznie zdarzało się w innych passach (w 3 agr r po razie, w 1 r i 1 f po 3 razy).

Podstawowe wyniki przedstawione są na rys.1. Wybrana długość atraktora =21 była praktycznie największa, jaką dawał algorytm. Uzyskana stabilność nie jest wynikiem zwężenia funkcji – ubocznego efektu metody (co wykluczono w próbach roboczych). Rys.1d dotyczy eksplozji bezpośrednio po inicjacji, bez wygasania, nie wykazuje on wyraźnych różnic z eksplozją po pierwszej inicjacji, oraz po drugiej i dalszych (rys.2.e). Minimalne przesunięcie rozkładu w prawo wskazuje, że tylko szczególnie krótkie cykle wygasania i wtórnych inicjacji dają później eksplozję do chaosu.

Rys.1c,d i e pokazuje, że w trakcie procesu kumulacji nie powstają różnice w aspekcie rozkładu czasu eksplozji i nie można się spodziewać, że średnia przesunie się na większe czasy. Nie zmienia się też z M podstawowy śledzony parametr – stopień porządku $q(M)$, czyli prawdopodobieństwo akceptacji $P(akc|M)$ (rys.1.a,b) tworzące lewy pik w rozkładzie damage (rys.2.). Tu jednak kształt tego lewego piku jest bardzo odmienny od piku uzyskanego w met5 dla najbardziej zbliżonego modelu c.

W met6 pik lewy składa się praktycznie jedynie z przypadków, w których inicjowana lawina damage całkowicie wygasła (do $A1=0$ ale nie ostatecznie, zwykle są wtórne ini patrz niebieska krzywa $A1=0$ na rys.5). Jest tak we wszystkich passach M (por. wartości na rys.1b i f). Ten temat przedstawimy dokładniej. $A3$ to średnia $A1$ na ostatnich 50 krokach. Po eksplozji liczone jest tylko 70 kroków. Jak łatwo zauważyć, dla akceptowanych jest to średnia z prawie 2.5 obrotu atraktora. $A3$ pozwala przede wszystkim uwolnić się od problemu fluktuacji $A1$ w chwili tmx, ale te fluktuacje mają istotne znaczenie interpretacyjne, odpowiadają bowiem skutkom zmiany inicjującej. Na $A1=1$ przypada dla f 0.005 a dla r 0.001 przypadków, gdy $A3=1$ ma jedynie 0.001 i 0.000015 odpowiednio (tab.1, wyjaśnienie na rys.5). W met6 te ewolucyjne skutki są znikome i mimo pokaznego udziału frakcji uporządkowanej (rys.2) praktycznie brak jest ewolucji funkcjonowania obserwowanej w met5.

Tab.1. Dokładne wartości prawdopodobieństw pierwszych trzech wartości $A1$ i $A3$ na rys.2. Akceptowana zmienność wymuszająca (inicjacje) w met6 praktycznie nie daje zmienności funkcjonowania, czyli obserwowanego i „roboczego” skutku ewolucyjnego. Oceniana zmiana jest wielkości $A=0$, takich „zmian” jest dużo i to one tworzą pik lewy.

A	3f	3r	3cf	3cr	1f	1r	1cf	1cr
0	0,252857	0,125226	0,011190	0,006678	0,213921	0,086347	0,019797	0,004277
1	0,001170	0,000015	0,177810	0,119833	0,005165	0,001120	0,107508	0,083801
2	0,000037	0,000001	0,071677	0,027884	0,000494	0,000038	0,044812	0,019729

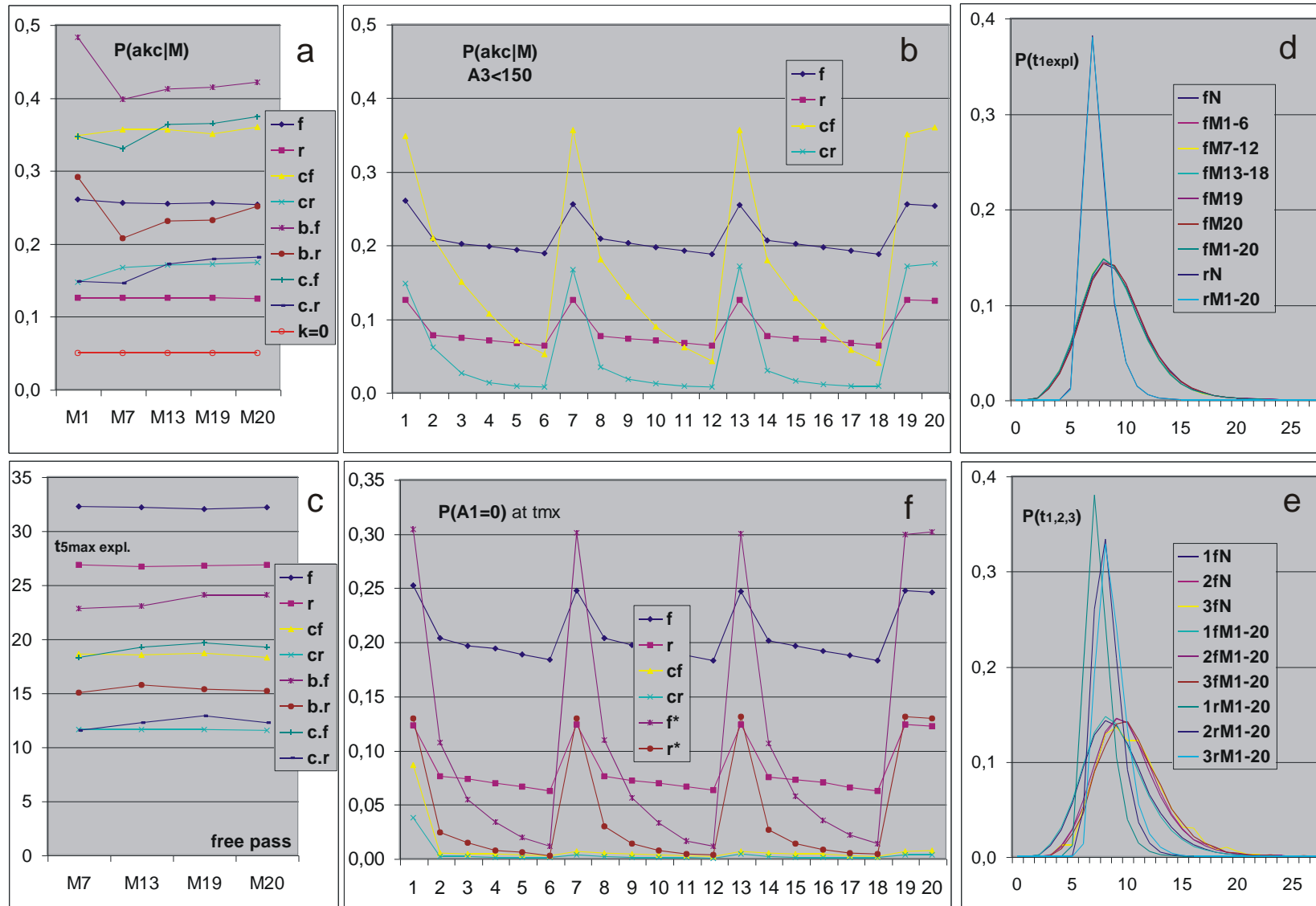
Mechanizm prowadzący do akceptacji sporej frakcji małych zmian permanentnych polega tu głównie na wygaśnięciu zmian do $A1=0$, mimo shiftu=50 który w met5 usunął takie wygasanie. W wygasaniu istotną rolę pełnią wtórne inicjacje, które skierowały badania na małe atraktory. Eksplozje następują wcześniej, niż kończy się pierwszy obrót atraktora, jednak zajrzenie w parametry wtórnych inicjacji daje pogląd, że nie są one równoważne pierwszej inicjacji i fakt wygaśnięcia koreluje z okolicznościami następnymi lawinek damage zmieniając istotnie ich perspektywy. Pogląd na te parametry można oprzeć na tabeli 2, w której przedstawiono podział efektów inicjacji

pierwszej, drugiej oraz trzeciej i dalszych między eksplozję i akceptację (saved), oraz udziały w saved atraktorów punktowych (PAS), wygaśnięć do $A1=0$ (fade) i innych (others) przechodzących przez tmx z wartością $A1>0$. Porównanie z modelem c z met5 wskazuje na istotne różnice w mechanizmie prowadzącym do akceptacji. Porównanie passów N z M wskazuje na brak istotnych zmian w tym mechanizmie generowanych przez kumulację zmian. W met5 istotnie malał udział PAS, którego tu brak od początku, gdy w met4 były one głównym elementem w saved. W met6 natomiast takim podstawowym mechanizmem akceptacji staje się wygasanie z wtórnymi inicjacjami o stałym sposobie wygasania. Brak lodu, który jest podstawą PAS oraz ro-modularności, także uniemożliwił trwale wygasanie po pierwszej inicjacji, obserwowane jedynie w met5 (tot.fade w [tab.2](#)).

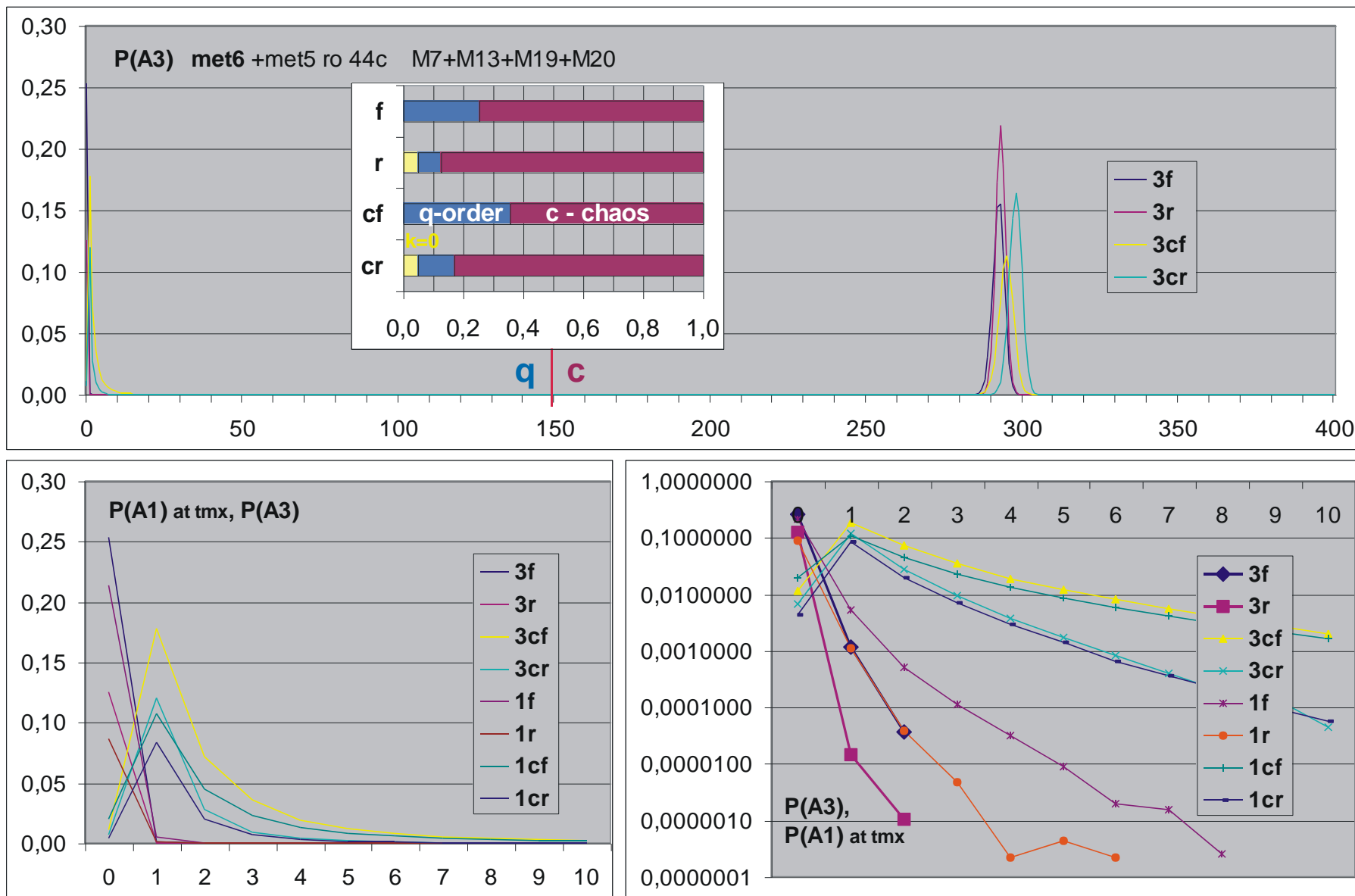
Tab.2. Podział efektów inicjacji pierwszej, drugiej oraz trzeciej i dalszych między eksplozję i akceptację (saved). Następnie udziały w saved atraktorów punktowych (PAS), wygaśnięć do $A1=0$ (fade) i innych (others) przechodzących przez tmx z wartością $próg>A1>0$, ale zmienną w trakcie procesu. Wtórne inicjacje mają jednak inne proporcje tych efektów niż ini pierwsza, a późniejsze niż druga także zmieniają udziały w tym samym kierunku. Porównanie z modelem c z met5 wskazuje na istotne różnice w mechanizmie prowadzącym do akceptacji. Szczególnie widoczny jest brak w met6 przypadków PAS, które w met4 były głównym elementem w saved. Po pierwszej ini dodatkowo pokazano jaki % wygasłych nie miał następnych, czyli wtórnych ini i pozostał jako wygasły do końca (mimo zmiany permanentnej). Takie zdarzenia obserwowane były w met5, ale nie zaistniały w met6. Jak obserwowano w met5, do tego przydatny był lód, którego tu brak. Udział wygasania po następnych ini, także niemal 100%, świadczy o powtarzalności mechanizmu wygasania. fM i rM -wyniki dla pasów M (M1-M20), inaczej niż na [rys.2](#).

1	77,69	91,52	66,19	72,10	85,09	89,17	expl	%ini
	22,31	8,48	33,81	27,90	14,91	10,83	saved	%ini
	2,73	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	PAS	%saved
	10,75	17,00	99,99	99,99	100,00	100,00	fade	%saved
	86,52	81,16	0,01	0,01	0,00	0,00	other	%saved
	44	59	0	0	0	0	tot.fade	%fade
2	1,3542	0,2688	14,6427	21,0043	12,6006	20,5334	expl	%ini
	98,6458	99,7312	85,3573	78,9957	87,3994	79,4666	saved	%ini
	0,1317	0,0634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	PAS	%saved
	93,4856	86,9896	99,9985	99,9994	100,0000	100,0000	fade	%saved
	6,3827	12,9470	0,0015	0,0006	0,0000	0,0000	other	%saved
	cfM	crM	fN	fM	rN	rM		
3	0,0004	0,0000	0,0259	0,0404	0,0114	0,0193	expl	%ini
	99,9996	100,0000	99,9741	99,9596	99,9886	99,9807	saved	%ini
	0,0260	0,0354	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	PAS	%saved
	99,6558	99,7125	99,9479	99,9519	99,9717	99,9758	fade	%saved
	0,3182	0,2521	0,0521	0,0481	0,0283	0,0242	other	%saved

Eksplozje po pierwszym wygaśnięciu zdarzają względnie często, czyli około ¼ drugich ini zdąża przed końcem pierwszego atraktora. Rozkład czasu eksplozji prawie się nie zmienia ([rys.1e](#)). Oszacowany średni czas pętli z ilości wtórnych ini, po odjęciu eksplozji, jest dla wszystkich passów M free i N podobny, około 17.6. Wynika z tego, że wtórne ini bywają częściej, niż raz na obrót atraktora, musi więc bywać, że w niektórych przebiegach są 2 wtórne ini w zakresie atraktora i w obu przypadkach następuje cykliczne wygaśnięcie, aż do tmx .



Rys.1. (a,b) Prawdopodobieństwo akceptacji: $A1$ i $A3 < \text{prog} = 150$, atraktor ≥ 7 dla M1-19 i atraktor nie maleje dla M20. cf i cr – porównanie z modelem c z met5 ro 44 ‘4+7’, natomiast oznaczenia z kropką po środku dotyczą met5 serii 44 ‘4+7+20’. (a) – passy free, zaznaczono poziom wynikający z $k=0$ dla r. (b) – wszystkie passy M. (c,d,e) Czas eksplozji do chaosu, chwila przejścia przez próg. (c) średni czas eksplozji dla 5-ciu najpóźniejszych w passach free. Porównanie jw. (d,e) rozkład chwili eksplozji (d) bezpośrednio po inicjacji i (e) porównanie rozkładów dla 1-bezpośrednio po ini, 2-po pierwszej wtórnej ini, 3-po drugiej i dalszych wtórnych ini. Dokładniej f by pokazać identyczność rozkładu w ciągu całego procesu, dla r jest on tak samo identyczny (m7.rys.6 & 17). Małe przesunięcie t eksplozji po późniejszych ini. (f) $P(A1=0)$ w chwili tmx, czyli że w tmx damage wygasło. Serie z gwiazdką dotyczą met6 dla tax=19 czyli atraktora =20. Różnica wynika z interferencji z shiftem=50, usuniętej przez tax=20.



Rys.2. Rozkład wielkości damage w wyniku małego zaburzenia. Oś pozioma: A1 w chwili tmx oraz A3 – średnie A1 na ostatnich 50 krokach czasu. A1 zbierane w całym procesie kumulacji z passami nie free, natomiast A3 w passach free od M7 do M20, tak jak w podsumowaniu met5. Różnice wynikają z passów nie free co widać na rys.1b, jednak w met6 ogon zachowuje się odwrotnie. Pik lewy pokazany dokładnie (także tab.1), gdyż to właśnie jego obecność jest głównym tematem badań. Jego kształt jest tu wyraźnie inny od otrzymanego w met5. Wyżej wtrącono diagram pokazujący stopień chaosu c i porządku q, w którym zaznaczono udział wpływu obecności k=0 w sieci r.

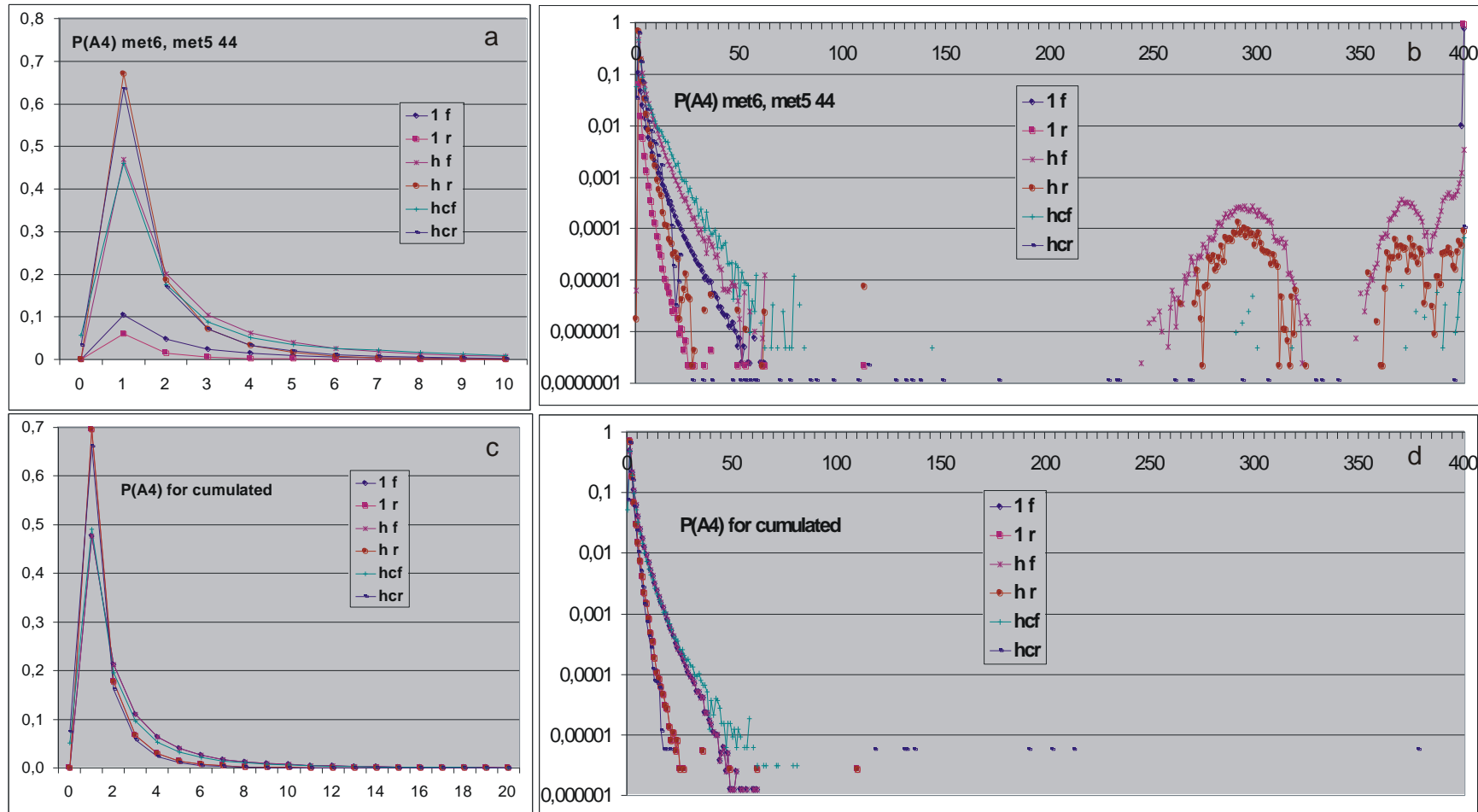
6.4 Podwyższona stabilność w met6 a koncepcja ro-modułów

6.4.1 W met6 ro-modularności brak

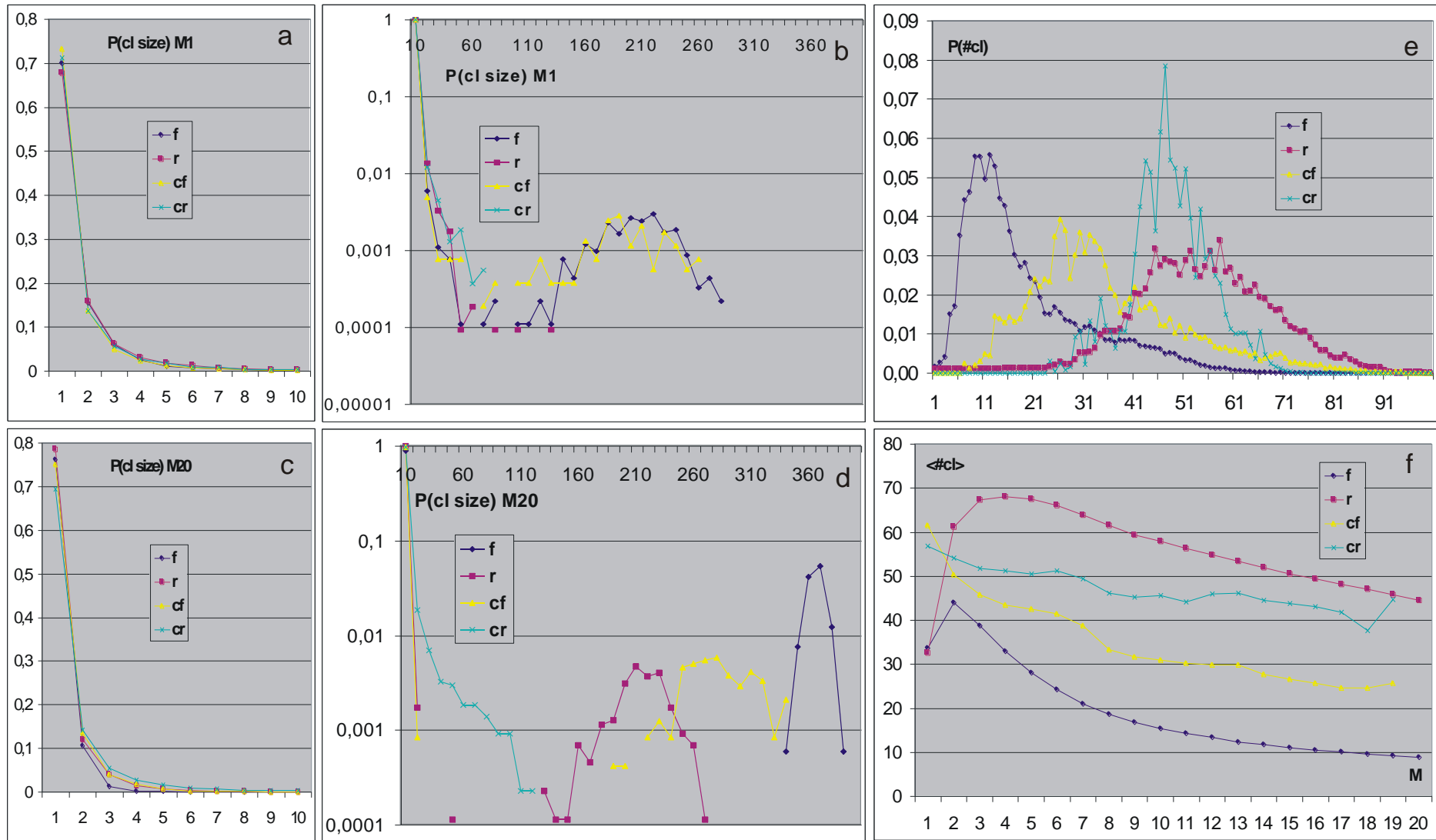
W met6 ro-modularności dokładnie brak. Prawie zawsze w passie free pojawiał się tylko jeden klastery, zawierający wszystkie 400 nodów, o jednym okresie =21.

Wyjątkowo, gdy pojawiał się podwójny atraktor=42, były 2 klastry (4 przyp. dla r w M free), z czego zwykle jeden miał 399 uczestników i okres 21 a drugi 1 uczestnika i okres 42. Raz w M1 uczestników było 110, ale wystąpił on 39 razy na 138, więc cały wszedł w drugi klastery z okresem 21 o 400 uczestnikach.

Oczywiście, w tych okolicznościach nie istniał klastery lodu, podstawowy dla ro-modularności.

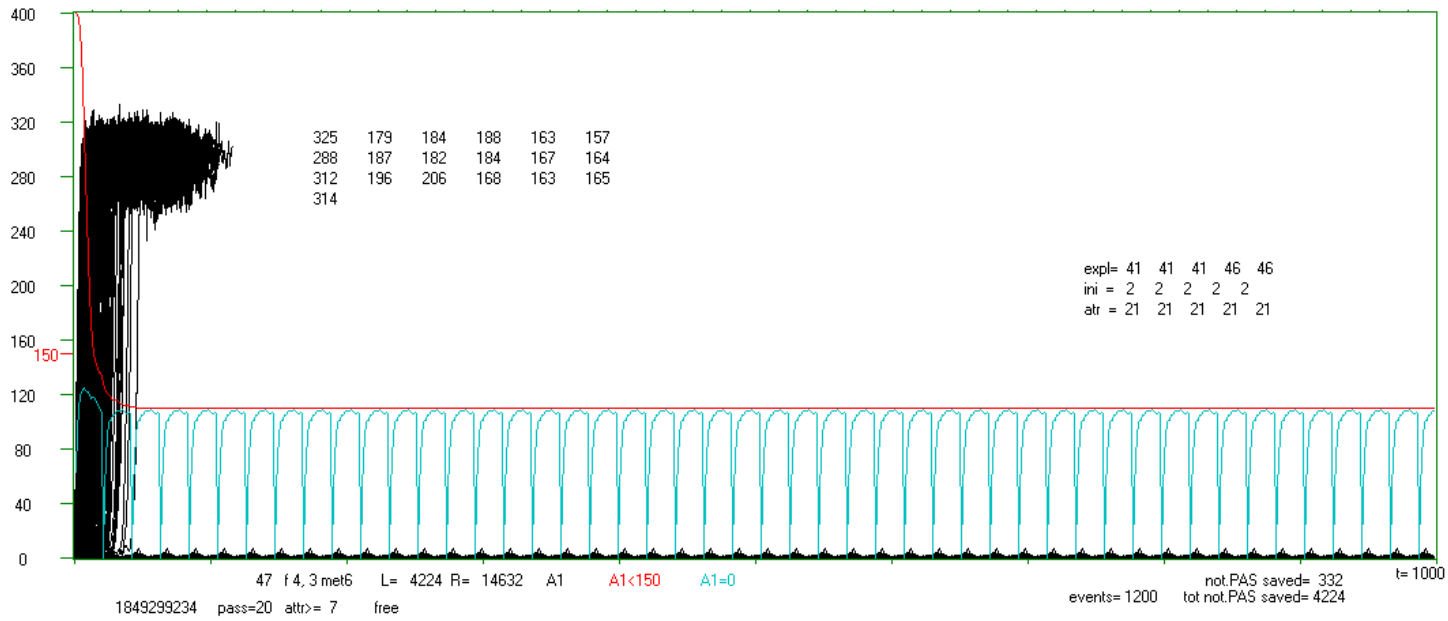


Rys.3. Rozkład $P(A_4)$ w wersji A4 określonej na całym przedziale tmx , oraz A_4h z pominięciem pierwszych 100 kroków t , gdzie zwykle następuje eksplozja i stan systemu jest najbardziej niestabilny. A_4 to liczba zaburzonych nodów jako ocena wielkości ewentualnych ro-modułów. Dla porównania, podobnie jak w pozostałych rys. wyniki modelu met5c ro 44 '4+7' (por. m5.rys.13, gdzie brak A_4h). Obraz jest odmienny od uzyskanego w met5 45 (oprócz cr) - nie posiada zakrzywionego rozciągnięcia w prawo, co sugeruje większe podobieństwo do oczekiwanego obrazu klastery A_4 . Natomiast podobieństwo do modelu c w met5 44 ro jest wyraźne.

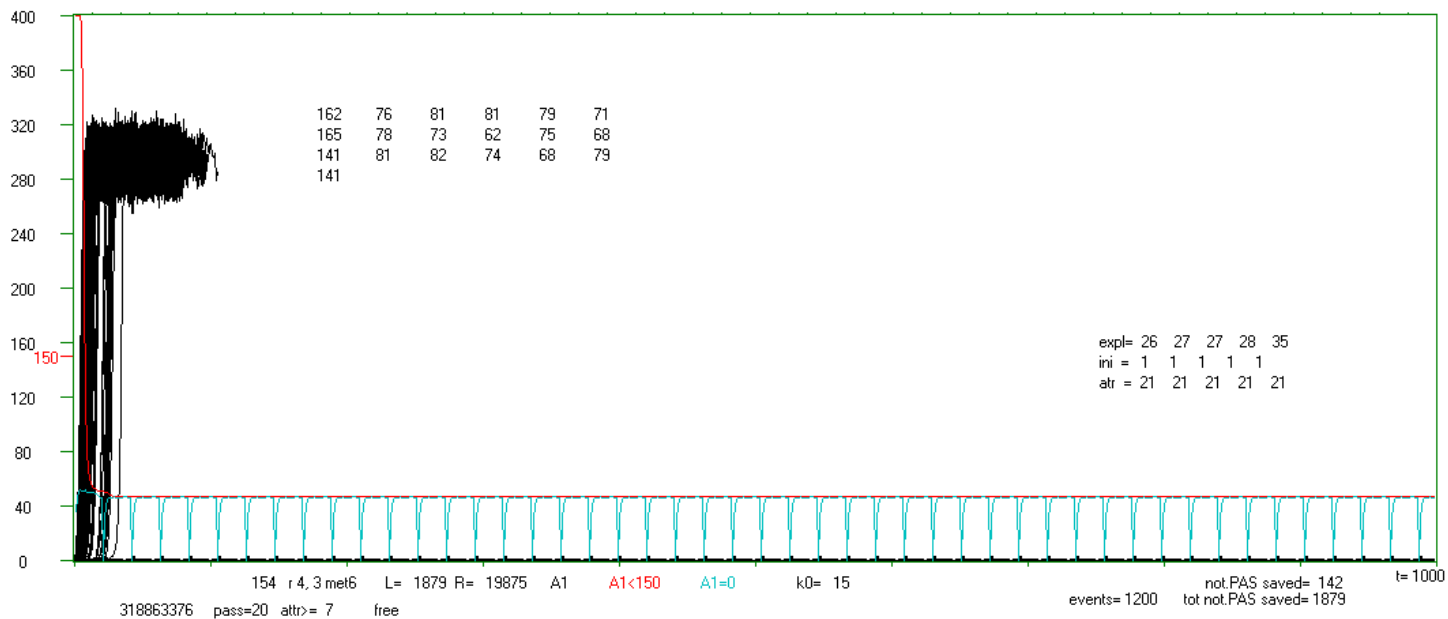


Rys.4. Rozkłady wielkości łączonych (globalnych) klastrow na początku (a,b) i na końcu procesu kumulacji (c,d). Dla zwiększenia statystyki w (b,d) sumowano po 10 kolejnych wartości. Klustry łączono przy kumulacji jeżeli miały wspólny node. Mimo braku ogona na rys.3d, na (d) pojawia się pik prawy dla obu sieci i obraz nie jest podobny do cr. Rozkład liczby klastrow (e) i średniej liczby klastrow dla kolejnych passów M (f). (por. m5.rys.14, uwaga: tam był to model 45 a nie 44 '4+7', z którego tu wzięto wyniki dla cf i cr; porównując f należy pamiętać, że w met5 w passach N już tworzą klastrow, a tu zaczyna się od M1). O ile na (f) w modelu c widać wpływ różnic między passami free i pozostałymi z blokadą cofania, to w met6 wyraźnie różnic tych brak. Zwiększyła się natomiast różnica między sieciami f i r w aspekcie liczby klastrow oraz rozmiaru klastrow w M20 (patrz także rys.5).

cl= 5 decmx= 4 374 1 1 1 1



cl= 39 decmx= 2 248 1 1 1 1 1 2 1 1 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 3 1 1 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1



Rys.5. Typowe krokodydle w symulacjach met6. Zawsze obraz wygasłych $A1=0$ ma taką postać mostu o odległości między „podporami” = długości atraktora. Przedstawione przypadki mają najpóźniejsze eksplozje, tu dla f wystają trochę poza 2 długości atraktora, co świadczy o drodze dojścia nieco ponad 1 długość atraktora, ale to wyjątek. Tu ponadto wszystkie 5 najpóźniejszych eksplozji wystąpiło po trzeciej inicjacji. Natomiast w przypadku r po drugiej ini . Opis tego typu wyniku w **m5.rys.7b**. Po lewej wkopowano liczby skumulowanych w kolejnych passach M , przy czym każda linia zaczyna się od passu free. U góry statystyka globalnych klastrow $A4$ dla danego passu, kolejno: liczba klastrow, największa liczba jednocześnie łączonych klastrow a dalej liczebności kolejnych klastrow od pierwszego historycznie, który zwykle jest największy. (patrz też **m5.rys.7b** oraz **m7.rys.15b**) Różnica w ilości klastrow dla f i r jest tu typowa (**rys.4f**).

6.4.2 Klastry A4

W met5 koncepcja klastrow opartych na A4 okazała się mało skuteczna. Jedyne formuła cr w obu seriach (44 i 45) dała tam obraz zbliżony do oczekiwanego. Badany model w met6 zbliżony jest do modelu c z met4 i 5, gdyż nie zakłada obecności regulacji, jedynie mały atraktor. Na rys.3 (odpowiadającym m5.rys.13) pokazującym $P(A4)$ w rozbiciu na A41 i A4h, nawet obraz dla sieci f jest podobny do cr . Ogólnie jednak, po bliższym przyjrzeniu się, jedynie sieć r dała nieco bardziej oczekiwane wyniki, natomiast sieć f względem met5 44 cf przesunęła się w kierunku obrazu dla met5 45 b , który zawiódł oczekiwania.

Obecność klastrow A4 w met5, jako przesłanki ro-modułów, gdy te ro-moduły jednak okazały się realne i obecne, nie budziła zastrzeżeń. Jednak w met6 wyraźnie brak ro-modułów w tym sensie, jaki był oczekiwany i znaleziony w met5, ale jest tu podwyższona stabilność, choć jej postać piku lewego słabo koreluje z potrzebami interpretacyjnymi do opisu ewolucji biologicznej. Jednocześnie obraz klastrow A4 bardziej odpowiada oczekiwaniom, niż w met5 dla modelu b .

W tej sytuacji badania klastrow A4 nabierają znaczenia, gdyż dają punkt zaczepienia - nadzieję na znalezienie innej, słabszej postaci ro-modularności tłumaczącej otrzymany obraz klastrow A4 i podwyższonej stabilności. Jest to jednak dość słaba przesłanka. Problem pozostaje otwarty, ale badania met6 na tym na razie zamykamy.

Po stwierdzeniu obecności modułów w sieciach losowych nie badano ich korelowania z klastrami A4 w met6, jedynie w met5, gdzie taka korelacja wystąpiła. Jak widać, obecność modułów bez lodu nie dała ro-modularności.

6.5 Podsumowanie met6.

Wyjście z małego atraktora, wymuszonego dobozem funkcji, dało podwyższoną stabilność na innej drodze, niż w met5. Ten mechanizm zatrzymania topnienia puli jeszcze nie wybuchłych lawinek damage był pierwotną przesłanką zwrócenia uwagi na małe atraktory. To on, jako na skrajnie małą wielkość atraktora, wskazał na atraktor punktowy, który w met4 okazał się cełnym ruchem w poszukiwaniu silnie podwyższonej stabilności w obszarze systemów o parametrach chaosu. Badania met6 miały osłabić wymóg aż tak małego atraktora. Co prawda, uzyskano na tej drodze podobnie podwyższoną stabilność, ale ma ona inny charakter, znacznie gorzej nadający się do opisu ewolucji biologicznej.

Długi proces kumulacji małych zmian nie wyprowadza i tu z tego stanu większej stabilności, ale też nie zmienia sposobu funkcjonowania ewoluującego systemu istotnie ograniczając tym zakres i skuteczność takiej ewolucji. Utrzymanie stabilności w doświadczeniu met6 jest pewnym zaskoczeniem z uwagi na brak warunków do mechanizmu ro-modularności. Wydaje się, że znaleziony w met6 stan i jego mechanizm należy dodać do zbioru wielu podobnych „metod”, które razem stanowią formę puli narzędzi, z jakich może korzystać ewolucja. Jest to jednak narzędzie mało skuteczne i na pewno nie tak podstawowe, jak stan ro-modularności opisany w met5.

Mechanizm tego podwyższenia stabilności nie daje przejścia do atraktora punktowego, czyli do mechanizmów badanych wcześniej w met4 i 5. Sprawdzono także, że obserwowany półchaos nie jest wynikiem zwięzienia funkcji nodów, co jest tu koniecznym ubocznym efektem metody. Użyta skutecznie metoda uzyskania krótkiego atraktora może być zastosowana do budowy stanu ro-modularności w sposób kontrolowany, bez wychodzenia z atraktora punktowego. To jednak jest znacznie obszerniejsze zadanie, które badane będzie jako met7.

7 Kontrolowane utworzenie ro-modułów – met7

7.1 Wstęp

Badania met5 doprowadziły do wskazania źródła i mechanizmu podwyższonej stabilności (półchaosu) obserwowanej w met4 – to ro-modularność oparta na przewodze lodu, tj. nodów, które nie zmieniają swojego stanu w trajektorii systemu. Nie jest to tylko modularność, gdyż nie opiera się o gęstość połączeń. W tym lodzie znajdują się małe, osobne, izolowane „jeziorka” aktywności, nazwane ro-modułami. Ro-modularność jest konkretnym wariantem półchaosu. W met6 półchaos okazał się szerszym pojęciem niż ro-modularność. Po chaotycznej zmianie trajektorii półchaos znika bez zmiany funkcji nodów (z wyjątkiem ini, dalej eksperymenty X i S). Praktycznie identyczny obraz wskazał Kauffman dla systemów losowych w okolicy przejścia fazowego między stanem uporządkowanym a chaotycznym, w zasadzie jeszcze w fazie uporządkowanej i nazwał go ciekłym. Oba te stany systemów różnią się jednak zasadniczo, gdyż w obszarze uporządkowanym eksplozje damage do poziomu równowagi Derridy są zjawiskiem wyjątkowym, natomiast w badanym tu stanie ro-modularności takie eksplozje są naturalne i stanowią nawet większość przypadków. Półchaos porównać można do cieczy przegrzanej łatwo przechodzącej w gaz, który u Kauffmana reprezentuje chaos, często jednak przechodzi w lód jak w cieczy przechłodzonej. Będąc jeszcze w półchaosie, system taki jest jednocześnie uporządkowany i chaotyczny, gdyż obie te formy reakcji na małe zaburzenie są obecne w podobnej skali. Jednocześnie sławna teza „życie na granicy chaosu i porządku” nabiera tu całkiem odmiennej treści, niż dla systemów w pełni losowych. Obiekty żywe nie można jednak uważać za losowe, szczególnie w aspekcie stabilności, bo do tej stabilności właśnie dobiera zmiany dobór naturalny. Obraz jaki daje ro-modularność jest wyraźnie bardziej adekwatny do opisu życia, niż granica między porządkiem i chaosem systemów losowych. Występująca tu możliwość eksplozji do chaosu poprawnie modeluje śmierć obiektu żywego, bez której mechanizm doboru naturalnego nie funkcjonuje, a to właśnie ten mechanizm wydaje się definiować życie. Mała zmiana otrzymuje tu naturalną definicję wynikającą z rozkładu damage, zachowuje stan ro-modularności i tożsamość systemu, więc ewolucja może toczyć się dalej. Upraszcza to definicję podstawowego mechanizmu darwinowskiego.

Mechanizm ro-modularności został zaobserwowany jako efekt wyjścia z atraktora punktowego i kumulacji zmian małych. Polega on, jak wyżej wspomniano, na izolowanych lodem ro-modułach. Wykazano obecność ro-modularności, wydaje się, że uchwycone zostały wszystkie jego istotne elementy i rozumiemy jego działanie i efekty, ale nie ma dowodu, że to właśnie on jest podstawą stabilności i przyczyną, dla której małe zmiany nie wyprowadzają z niego. Takim dowodem byłoby skonstruowanie stanu ro-modularności w sposób kontrolowany, jako jedyne odstępstwo od stanu losowego, i potwierdzenie, że taki twór także podobnie utrzymuje stabilność.

To właśnie jest zadaniem met7. Zadanie to składa się z trzech części: 1 - zbudowanie takiego stanu ro-modularności, jak to zostało opisane w met5; 2 - sprawdzenie jego stabilności w pierw bezpośrednio po skonstruowaniu (met7a,b, odpowiada roli met4); 3 - a następnie w trakcie kumulacji małych zmian (met7e – evolution, odpowiada met5).

Od początku poszukiwań podwyższonej stabilności w zakresie systemów, których parametry, gdyby były losowe, dawałyby chaos (tj. - półchaosu), zwrócono uwagę na wielkość atraktora. Po permanentnej małej zmianie, damage może wygasnąć, ale ponowna inicjacja zmienionego nodu daje nową lawinę damage, która rozwija się w innych warunkach. Prawdopodobieństwo wygaśnięcia za każdym razem jest podobne, szansa na „uratowanie się” zależy od liczby takich inicjacji, a ona od długości odcinka trajektorii do miejsca, gdzie warunki powtórzą się, czyli od długości atraktorów wzorca i systemu zaburzonego. Złożoność przebiegów i obecność lodu pozwalają na podobny mechanizm bez widocznego pełnego wygaśnięcia, więc pozostaje oczekiwanie, że dla stabilności pożądana jest jak najmniejsza długość atraktora. Badania stanu ro-modularności z met4 i met5 potwierdzały te oczekiwania, a wynik met6 wskazał, że długość atraktora ma podstawowe znaczenie. W met7 chodzi więc także o potwierdzenie mechanizmu ro-modularności, w którym małe atraktory ro-modułów (lokalne) szybko wprowadzają trajektorię w już przetestowany zakres i blokują tym dalsze eksplozje, ale ich złożenie w globalny atraktor całego systemu może dawać dużą długość atraktora globalnego. Sprawdzenie tej wydawałoby się oczywistej tezy o mechanizmie ro-modularności pozwalającym na duże atraktory globalne jest zadaniem na etap jeszcze przed ewolucją poprzez kumulacje. Do ewolucji kumulującej zmiany można zastosować program z met5 ro 44, użyty podobnie już w met6. Sposób sprawdzania stabilności znamy od met1.

Zadanie porównania z ro-modularnością z met5, czyli próba uzyskania podobnego efektu w kontrolowany i efektywny sposób, może wymagać dodatkowych korekt, a to badań nad wpływem arbitralnie wybieranych parametrów. Oczekiwanie, że losowe ro-moduły o chaotycznych parametrach $s, K=4,3$, złożone z N_{ro-m} = kilkudziesięciu nodów będą dawać zwykle małe atraktory wydawało się mało podstawowe. Dla $s=2$ i $K=3$ Kauffman przewiduje średnią długość rzędu 2^{125} dla $N=100$, a 2^{32} dla $N=25$. Dla $s=4$ powinny one być znacznie dłuższe. Od razu więc założono konieczność wymuszania krótkich atraktorów, dopiero późniejsze sprawdzenie „czystej ro-modularności” bez korekt wykazało zaskakującą błędność takiego założenia. Opis dąży do uporządkowania koncepcji i wyników, więc w pierw opisany będzie „czysty” stan ro-modularności jako met7a, choć kolejność badań i tworzenia całej koncepcji była w praktyce inna. Wypracowana w met6 metoda uzyskiwania małego, zadanego atraktora może być zastosowana do wymuszenia małych atraktorów w ro-modułach. Te „dodatkowe” (choć wcześniejsze) badania w zakresie przed ewolucją stworzą serię met7b, a badanie

ewolucji tak zmodyfikowanej i zoptymalizowanej ro-modularności to met7eb. Dla kompletności obrazu wykonano też badania ewolucji bez wymuszania małych atraktorów - to seria met7ea. W tabeli 2 i w nazewnictwie serie te uporządkowane są nie historycznie, a merytorycznie. Wcześniej jednak trzeba skonstruować ro-moduły odpowiednio przedzielone lodem. Ta część zadania 1 jest całkiem nowa i to ona jest w zasadzie głównym zadaniem technicznym w met7.

7.2 Konstruowanie ro-modułów.

7.2.1 Algorytm podstawowy

W sposób normalny dla dotychczasowych doświadczeń od met1 do 6 generowana jest losowo sieć autonomiczna określonego typu, czyli połączenia N nodów. Budowano sieci f,s oraz r (scale-free, single-scale, random; patrz [arj, brj, it]), zawsze liczba wejść nodu jest $K=3$, a liczba równoprawdopodobnych sygnałów: $s=4$. Losowo też generowano stany początkowe nodów.

Dalej analizując połączenia nodów tworzony jest zbiór ro-modułów i każdy nod zostaje przypisany do jakiegoś ro-modułu lub do rozdzielającego je lodu.

Aby nieco zwiększyć szanse powstania większych ro-modułów, po przypisaniu nodu do ro-modułu, w pierwszej kolejności badane były jego nody wejściowe i wyjściowe (- połączone z nim linkiem, póki jeszcze można dołączyć je do tego samego ro-modułu).

Nod tworzy nowy ro-moduł, gdy żaden jego link (wejściowy i wyjściowy) nie łączy z nodem należącym do określonego już ro-modułu.

Gdy połączony jest z nodami już należącymi tylko do jednego ro-modułu, to ten nod jest przypisywany do tego ro-modułu.

Gdy połączony jest z nodami już należącymi do kilku ro-modułów, lub gdy wyczerpany został limit ro-modułów ($=10$) albo wielkości danego ro-modułu ($=100$ nodów w met7a i met7b; 100, 40 i 25 nodów w met7eb; 25 nodów w met7ea, tab.2), to nod był przypisywany do lodu.

Dalej obliczana jest trajektoria odpowiednio dobierając funkcje. Dla aktualnego stanu wejściowego, jeżeli nie był on dotąd użyty i zdefiniowany, nody lodu dostają wartość funkcji równą 0 (mają dostać dowolną wartość, byle zawsze taką samą, wybrano 0), a nody należące do ro-modułów – wstępnie wartość losową.

7.2.2 Zwiększanie liczby aktywnych ro-modułów

Ta wartość jest jednak sprawdzana, czy aby nie jest taka sama jak stan tego nodu krok wcześniej (by zmniejszyć szanse atraktora punktowego dla tego ro-modułu), i gdy jest akurat taka sama, to jest zmieniana o 1.

Aby uzyskać więcej „aktywnych ro-modułów” tzn. z atraktorem lokalnym ro-modułu innym niż punktowy, w sytuacji, gdy więcej niż 3 z 10 jest nieaktywnych (praktycznie są lodem), podejmowane jest do 9 iteracji korygujących. Iteracji może być mniej, gdy wcześniej uzyska się najwyżej 3 nieaktywne (7 aktywnych).

Iteracje korygujące polegają na zmianie stanów początkowych dla nodów z lodu (w tym: z nieaktywnych ro-modułów), a także przy okazji z ro-modułów bez wykrytego atraktora, i ponownej definicji ich funkcji, z tym, że tax (w seriach met7b i eb, bo w met7a i ea nie stosowano wymuszenia tax) korygowanych ro-modułów jest przesuwane w prawo w tablicy na inną liczbę pierwszą. Wtedy wchodzi w drugą, stałą dziesiątkę wartości w tablicy tax: 6,4,2,1,10, 12,16,18,22,28 (patrz tab.2).

W „czystej” ro-modularności (met7a i serie fe,se,re z met7ea) nie stosowano ograniczenia na liczbę aktywnych ro-modułów (z 10); oczywiście, musiał być przynajmniej 1, by system nie miał atraktora punktowego, badanego już w met4 i met5. W met7b ograniczono się do dalszego badania przypadków, gdy aktywnych ro-modułów jest przynajmniej 3, natomiast w wynikowych seriach met7eb i seriach fe2 i ff z met7ea dopuszczono przynajmniej 2 (tab.2). Serie fi, fu met7eb badały wpływ tego parametru w granicach 2 do 4.

7.2.3 Wymuszanie krótkich atraktorów, tax w met7b i eb

Wymuszanie krótkich atraktorów okazało się nie aż tak konieczne, jak się początkowo spodziewano, jednak ta korekta ma znaczenie wpływając na kształt piku lewego rozmiaru damage zbliżając go do obrazu z met5c, który w met7 ma być odtworzony w sposób kontrolowany. Gdy liczba kroków przekroczy 'tax' dla tego ro-modułu, (jak w met6) to gdy stan wejściowy jest dotąd nieużywany, definiuje się wartość funkcji taką, jak była tax kroków wstecz. W wyniku prób, dla kolejnych ro-modułów określono tax jako: 10,6,4,2,1, 10,6,4,2,1; co oznacza, że próbuje się wymusić atraktory ro-modułów równe (tax+1) liczbom pierwszym 11,7,5,3,2. W met7eb stosowano jeszcze tax 6,10,4,2,1, 6,4,10,12,6 oraz w ostatecznych symulacjach: 1,2,4,6,10, 4,6,2,1,6 (tab.2). Kolejność w tabeli tax okazała się istotna, gdyż zwykle początkowe ro-moduły były największe. O ile w met6 był to bardzo skuteczny algorytm dla całej sieci autonomicznej (z tax=19 i 20), to tu okazał się średnio skutecznym (tax jest tu znacznie mniejsze) - znaczna część ro-modułów jednak wpadała w atraktor punktowy. Małe wymuszane atraktory (rys.4e) dawały skutek w postaci atraktora lokalnego będącego wielokrotnością wymuszanego. Większe wartości z końca tablicy tax (6,4,2,1,10, 12,16,18,22,28) stosowane podczas iteracji korygujących liczbę aktywnych nie wydają się bardziej skuteczne i ich wpływ nie był zauważalny. Niewątpliwie miały tu znaczenie mniejsze rozmiary ostatnich ro-modułów, dla których były one stosowane.

7.2.4 Ograniczenia algorytmu tworzenia ro-modu

Początek trajektorii, w którym inicjowane były punktowe zmiany permanentne, przesuwany był do najpóźniejszego początku atraktora lokalnego, tak by wszystkie ro-moduły były już w atraktorach. W rzadkich przypadkach w met7a i ea bez ff, nie ograniczane atraktory lokalne przekraczały tmx i nie były wykrywane, wtedy także ich początek nie był wykrywany i nie był brany pod uwagę przy przesunięciu.

Algorytm dobiera funkcje jedynie w zakresie tmx i jeżeli odcinek tmx nie mieści pełnego obrotu atraktora globalnego, to nie mieści wszystkich wariantów oddziaływań pomiędzy ro-modułami poprzez dzielące je ściany lodu, czyli nie jest zagwarantowane, że te ściany są szczelne w każdym z występujących wariantów sygnałów wejściowych do nodu leżącego w takiej ścianie. Przesunięcie do początku najpóźniej zaczynającego się atraktora lokalnego powoduje w takich przypadkach wejście w obręb tmx takich nieprzygotowanych sytuacji. Już w trakcie przedłużania trajektorii wzorcowej, by po przesunięciu sięgała tmx , nastąpić może utrata ro-modularności zbliżona do eksplozji chaotycznej, ale nie jest ona widoczna. W wyniku, praktycznie każda inicjacja ulega w tym miejscu eksplozji jakby chaotycznej, ale nie jest to rzeczywista utrata ro-modularności. Było to obserwowane na krokodylach już w met5 (**m5.rys.9e**), a w próbach met7b (**rys.8a**) (czyli z tax) jedynie dla sieci s (w f i r nie występowało) i zostało dokładnie wyjaśnione. Wprowadzono więc w wersji b (z tax) ograniczenie na to przesuwanie (początku do najpóźniej zaczynającego się atraktora) do 500 (przy $tmx=2000$) w met7b i 150 (przy $tmx=1000$) w met7eb i ff oraz ograniczono atraktory lokalne do 100. Radykalnie zmniejszyło to liczbę atraktorów globalnych przekraczających tmx . Dało to spodziewane efekty istotnie zmniejszając prawdopodobieństwo takich zdarzeń utraty ro-modularności w trajektorii wzorcowej, tak, że w seriach próbnych i wynikowych met7b o ponad 1600 skutecznie liczonych agregatach każdej z sieci f,s,r nie wystąpił już ani jeden taki przypadek. W wersji a, bez ograniczenia do małych atraktorów lokalnych, zjawisko to występowało znacznie częściej (jak widać z **tab.2** na 600 skutecznych sa było 12 takich odrzuconych przypadków). Wzbogacono więc algorytm śledząc po przesunięciu punktowe atraktory lokalne i odrzucano przypadek z utratą takiego atraktora, by uniknąć takich sytuacji, co okazało się skuteczne.

7.3 Badanie uzyskanej ro-modularności bezpośrednio po jej utworzeniu – met7a oraz b

W tych doświadczeniach użyto $N=800$ (liczba nodów w sieci), $tmx=2000$ (liczba badanych kroków trajektorii), próg=300 (liczba nodów o stanie różniącym się od systemu wzorcowego, po przekroczeniu którego uznawano przypadek za chaotyczny). Ponadto $s=4$ (liczba równoprawdopodobnych wariantów sygnału), $K=3$ (liczba wejść do każdego nodu). Liczono do uzyskania zadanej liczby skutecznych agregatów - sieci spełniających zadane warunki.

7.3.1 Założenia

Niewątpliwie, prostsze założenia są bardziej pożądane, jednak że „czysta” ro-modularność, bez wymuszania krótkich atraktorów (tax), jest wystarczający do znacznego podwyższenia stabilności, okazało się dopiero pod koniec badań, gdy próbowano określić, jakie znaczenie mają wprowadzone dodatkowe założenia. W tej sytuacji seria symulacji bez tax i innych „polepszających” i zbliżających do obrazu met5 ograniczeń staje się główną i została nazwana met7a, a seria z wymuszaniem tax i ograniczeniami staje się jej rozwinięciem badającym wpływ określonych parametrów modelu i otrzymuje symbol met7b. Podobnie w następnej części badającej ewolucję jest seria met7ea bez wymuszeń tax i seria met7eb z wieloma modyfikacjami, jednak w ramach serii bez tax wykonano dodatkowe badania pozwalające porównać czynniki: tax, liczbę aktywnych ro-modułów i pozostałe ograniczenia.

Warunek dużego atraktora globalnego w met7b (podejmowano liczenie gdy był on >200 dla $tmx=2000$, a największy atraktor lokalny nie przekraczał 100) wynika z potrzeby wykazania tezy, że to nie atraktor globalny jest podstawą mechanizmu ro-modularności, a atraktory lokalne – ro-modułów. To, że małe (=20 a nawet 31) atraktory globalne dają podwyższoną stabilność wykazano w met6. Metoda tax nie pozwalała na badanie większych atraktorów niż 31. W doświadczeniu met7a i b liczono do uzyskania 600 agr spełniających te warunki (skutecznych). Było to w dwóch seriach, poniżej opisane badania X,S,T,F z podstawowym N wykonano dla 300 skutecznych agr, a następnie dla samego N drugie 300. Wyniki N złożone zostały z obu serii, pozwoliło to dodatkowo zorientować się w powtarzalności i dokładności wyników. Aby uzyskać po 600 skutecznych agr w met7b, trzeba było wygenerować odpowiednio 4387 sieci f, 1420 sieci s i 1179 sieci r. W serii met7a jedynym warunkiem był brak zapaści chaotycznej wzorca po przesunięciu (i przynajmniej 1 aktywny półchaos, co spełnione było zawsze), więc liczby skutecznych i wygenerowanych są zbliżone (**tab.2**)

Wykazanie podwyższonej stabilności i przypisanie tej zadanej strukturze ro-modularności wymaga także wykazania, że to nie statystyczne własności nielosowo dobranych funkcji są odpowiedzialne za podwyższenie stabilności. W tym celu wykonano kilka dodatkowych eksperymentów na każdym skutecznym agregacie (z 300): zbadano stabilność po zaakceptowaniu jednej zmiany dającej eksplozję do chaosu (X), po losowym przypisaniu stanów początkowych (S), po przesunięciu funkcji na inne nody ale bez zmiany stanów początkowych (T) i po w pełni losowym wygenerowaniu funkcji (F), zawsze bez zmiany pozostawała struktura. Oprócz F, statystyczne własności funkcji pozostawały takie jak w eksperymencie (N) z ro-modularnością, jednak zawsze dawały one obraz taki, jak F, typowo chaotyczny. Porównanie eksperymentów X,S,T i F (m.in. **rys.1c,d, 2right, 6**, głównie **3d,e, tab.1**) pokazuje drobne systematyczne różnice, ale N jest radykalnie inne.

7.3.2 Rozkład wielkości damage jako podstawowy wynik met7

Podstawowym wynikiem jest rozkład wielkości damage, czyli $P(A1)$ w chwili tmx . W stanie ro-modularności mają być (jak w met4 i met5) dwa piki: lewy zawierający przypadki uporządkowane, o ten pik chodzi w całych tych badaniach, praktycznie nie zawierają go systemy chaotyczne, tu - wyniki z eksperymentów X,S,T i F; oraz prawy pik odpowiadający klasycznej eksplozji chaotycznej do równowagi Derridy, obecny w każdym z eksperymentów met7, ale nie występujący w obszarach uporządkowanych sieci losowych. Wyniki w tym aspekcie pokazują [rys.1-3](#) i [tabela 1](#).

Stopień porządku q zawiera w przypadku sieci r efekty obecności w tej sieci węzłów bez wyjść ($k=0$). Na [rys.1c,d](#) - diagramie w [rys.1a,b](#) pokazano udział takich węzłów (około 0.0498), których inicjacja zawsze jest akceptowana. Nie uwzględniono tu możliwości posłania sygnałów z innego węzła inicjowanego do węzłów o $k=0$ i udziału takich węzłów w dalszym wygaszaniu damage – te efekty są przyczyną wyraźnego udziału porządku (rzędu 0.01) w eksperymentach met7b X,S,T i F dla sieci r , którego nie widać w sieciach f i s . W eksperymentach met7a X,S,T i F dla sieci f i s porządek jest nieco większy ale nie sięgający poziomu sieci r wynikającego z $k=0$.

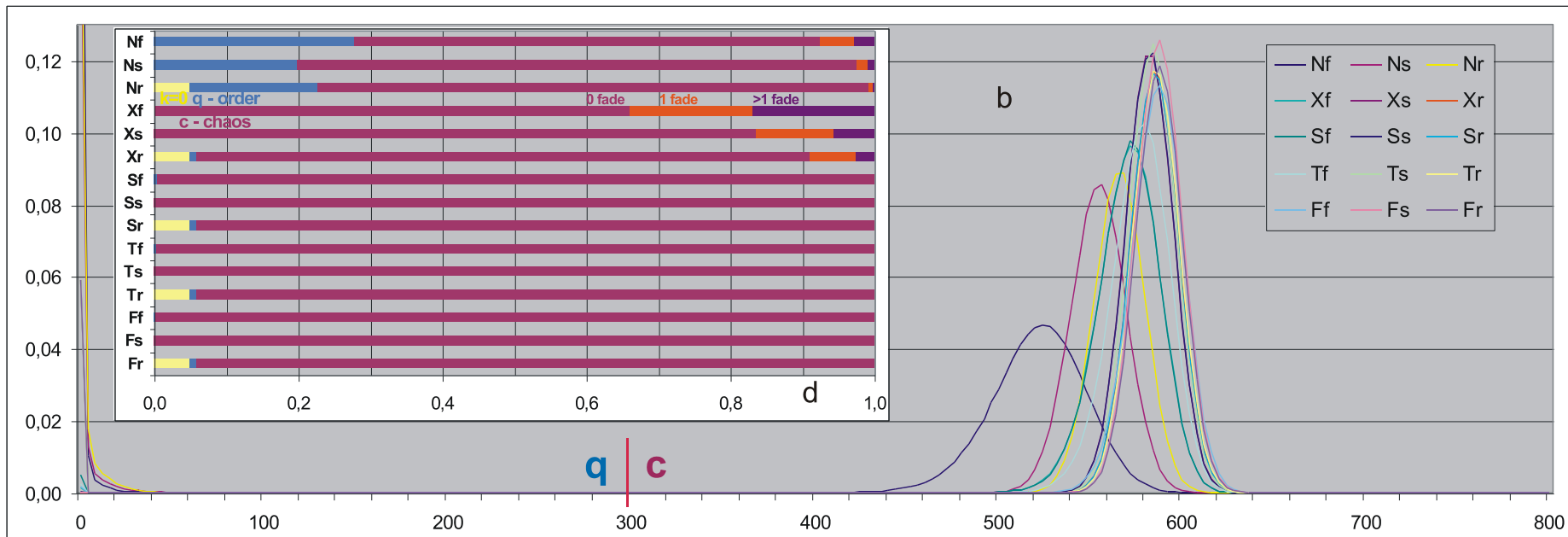
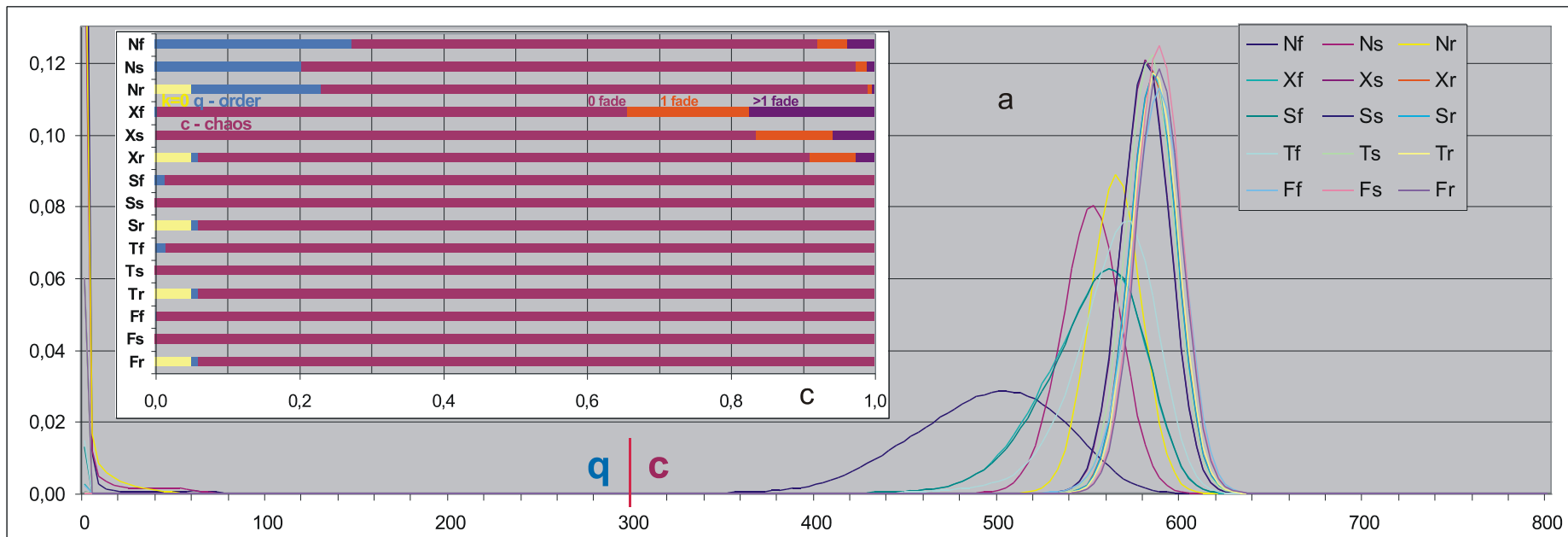
Tab.1. Stopień uporządkowania $q = P(akc)$ gdzie $akc = \text{próg} > A1$ w tmx ; $N=800$, $\text{próg}=300$; badanie N – po 600 agr w met7a i b, X,S,T,F – po 300 agr; stopień chaosu $c=1-q$; wskazane także na [rys.1.c,d](#) - diagramie wstawionym w [rys.1a,b](#). Niżej: średnia z pików Derridy ([rys.2 a,b right](#)), pik ten od pików lewego oddziela jednoznacznie obszar bez zliczeń ([rys.1a,b](#)); i jego maksimum ([rys.2a,b right](#)) w wynikach, a nie obliczone z dopasowania krzywej. [Rys.1a,b](#), [2a,b](#) i 'max Derr' w tabeli na podstawie wyników zsumowanych po 4 kolejne $A1$.

	Nf	Ns	Nr	Xf	Xs	Xr	Sf	Ss	Sr	Tf	Ts	Tr	Ff	Fs	Fr
q a	0,273	0,204	0,230	0,0026	0,000124	0,0598	0,0128	0,000411	0,05987	0,0148	0,000188	0,05985	0,0021	9,7E-05	0,05984
q b	0,279	0,198	0,228	0,0014	7,64E-05	0,0591	0,0050	0,000263	0,05918	0,0027	0,000132	0,05910	0,0018	0,00015	0,05912
c a	0,727	0,796	0,770	0,9974	0,999876	0,9402	0,9872	0,999589	0,94013	0,9852	0,999813	0,94015	0,9979	0,99990	0,94016
c b	0,721	0,802	0,772	0,9986	0,999924	0,9409	0,9950	0,999738	0,94083	0,9973	0,999868	0,94090	0,9982	0,99985	0,94088
<Derrida>a	492,6	550,3	563,8	550,6	580,3	584,3	551,1	580,2	584,3	562,3	582,5	585,2	586,2	587,3	587,4
<Derrida>b	521,5	554,3	565,7	570,5	582,0	584,9	570,5	582,1	584,8	576,7	583,8	585,6	586,2	587,3	587,3
max Derr a	504	552	564	560	580	584	560	580	584	572	584	584	588	588	588
max Derr b	524	556	564	572	584	584	572	584	584	580	584	588	588	588	588

Wszystkie 4 kontrolne eksperymenty (X,S,T,F) w obu seriach - a i b, przedstawiają obraz klasycznie chaotyczny, co jednoznacznie obarcza odpowiedzialnością za podwyższony stopień porządku w N kontrolowanie wprowadzony stan ro-modularności, polegający na doborze funkcji i stanów węzłów tak, by zbiór węzłów tworzący sieć podzielony został na ro-moduły o małych atraktorach, rozdzielone ściankami lodu – węzłami, które dla sygnałów otrzymywanych w tych atraktorach wysyłają stale sygnały do innych ro-modułów. Mimo obecności połączeń między ro-modułami poprzez te ścianki; oraz wielu stanów wejściowych węzłów ścianki; przeniknięcie damage do sąsiedniego ro-modułu ma na tyle zmniejszoną szansę, że inicjacje mogą wywołać w ro-module lawinę chaotyczną, która nie wyjdzie z niego. Przypadki takie obserwowane były (szczególnie dynamicznie) na krokodylach ([rys.8a,d,g,j](#)). One także utworzyły garb widoczny na [rys.2a left](#). Także odwrotnie – globalna eksplozja chaotyczna może nie wnikać do niektórych ro-modułów. Takie zdarzenia są przyczyną wyraźnego rozciągnięcia pików globalnej równowagi chaotycznej Derridy w lewo i obniżenia jego średniej dla formuły N , wskazanego na [rys.2a,b right](#), a szczególnie [rys.3e](#) i w [tab.1](#).

W tej sytuacji szczególnie zaskakujący jest wynik q dla X ([rys.3d](#)), który zamiast bardziej od S zbliżyć się do N manifestuje systematycznie (oprócz r , dla którego efekt jest niemierzalny) nawet mniejsze q niż dla F. Nie jest to fluktuacja, gdyż efekt ten występował zawsze w wielu osobnych niezależnych próbach. (Dobierając odpowiednie parametry eksperymentu przeprowadzono wiele roboczych symulacji po 20 do 400 skutecznym agregatów na typ sieci, także ostateczne wyniki met7a i b prezentowane na [rys.3d](#) są tu spójne.) **Akceptacja eksplozji chaotycznej (X) prowadzi więc do większego nieporządku, niż spontaniczny (F).**

Szczególnie istotny jest kształt pików lewego ([rys.2a,b left](#), [3a,b,c](#)) – dla celów ewolucji biologicznej musi on dozwalać wyraźne, choć małe, zmiany funkcjonowania, czyli nie mogą być tak małe jak w met6 ([m6.rys.2](#)) i eksperymentach X,S,T,F, które na [rys.2a,b left](#) pokrywają się z X. W tym aspekcie uzyskane wyniki ([rys.3b](#)) są bardziej „właściwe” niż w modelu c w met5 44 ro, który interpretacyjnie odpowiada N w met7a i b.



Rys.1. Podstawowe wyniki: rozkład wielkości damage w tmx $P(A1)$ oraz udział porządku q , pokazujące stabilność po zbudowaniu ro-modularności met7a i b dla sieci f, s, r , $N=800$, $tmx=2000$, $próg=300$, $s,K=4,3$. Wyniki sumowane po 4 A, przedział '0' zawiera więc: $0+1+2+3$.

Liczone po 600 agr dla formuły N (J w Naaj) i po 300 dla X,S,T,F. Wynik ten jednoznacznie wykazuje, że uzyskane zostało przewidywane radykalne podwyższenie stabilności – spory pik lewy zawierający przypadki uporządkowane,

i nie jest to wynik zmienionych względem losowych własności statystycznych funkcji nodów lub stanów początkowych - formuły X,S,T,F są klasycznie chaotyczne.

Górny rys.(a,c) dotyczy modelu a czystej ro-modularności bez wymuszania małych atraktorów (tax) i ograniczeń na wielkość atraktorów globalnego i lokalnych oraz liczby aktywnych ro-modułów.

Dolny rys.(b,d) jest wynikiem symulacji z zastosowaniem wymuszania małych atraktorów ($tax=10,6,4,2,1, 10,6,4,2,1$); atraktor globalny ≥ 200 , lokalny ≤ 100 , minimum 3 aktywne ro-moduły, przesunięcie do najpóźniej zaczynającego się atraktora lokalnego < 500 . Jest to model b, jednak badany wcześniej niż a.

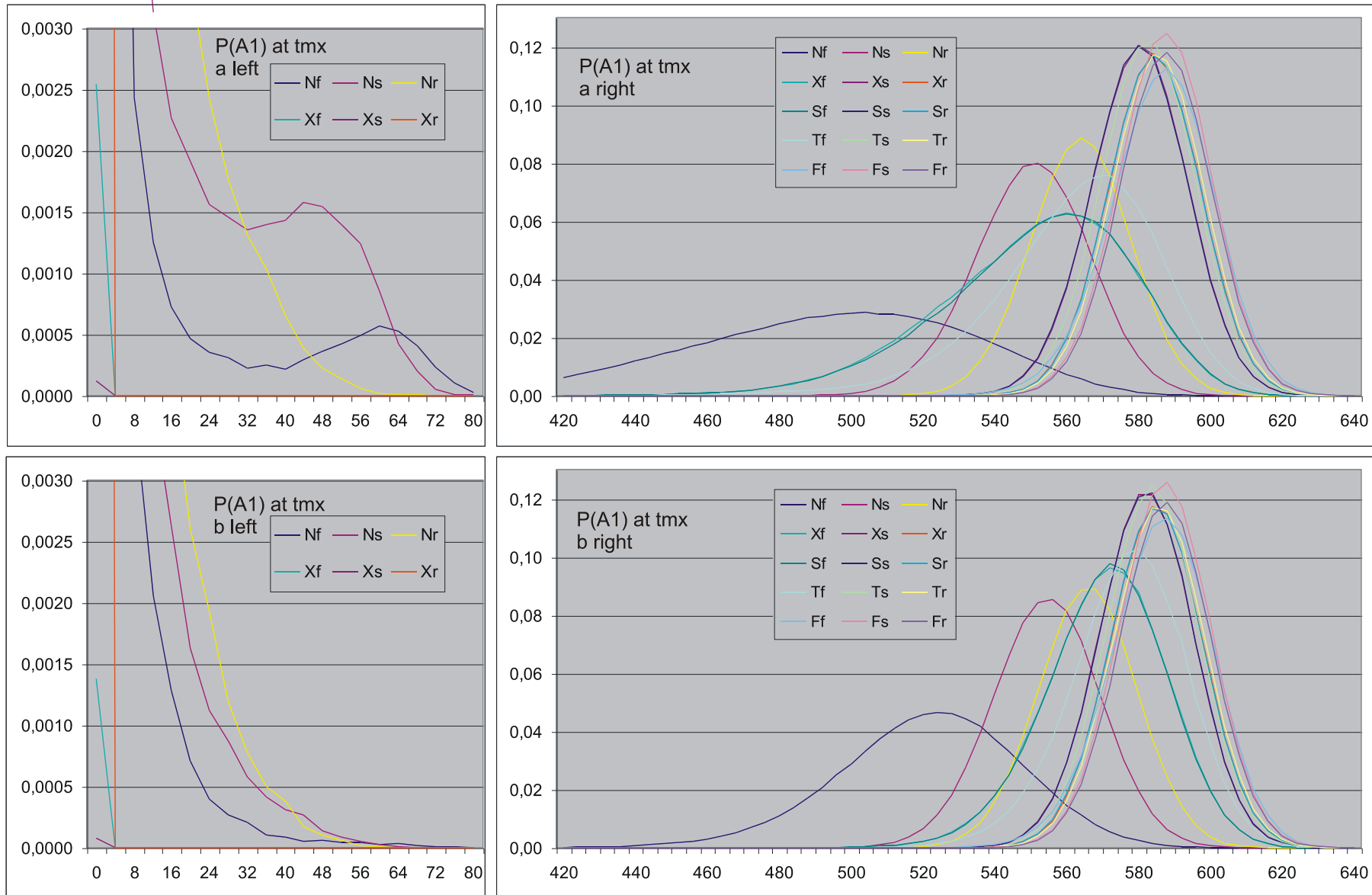
Dokładniejsza analiza wpływu poszczególnych różnic modeli a i b badana była przy okazji badania pełnego modelu e wraz z ewolucją (symulacje $fe, fe2, ff$, tab.2).

(a,b) - Pełny zakres rozkładu wielkości damage $P(A1)$ w chwili tmx . Jak widać na rys.8 „krokodyle” w tmx jest to już wartość ustabilizowana. Należy zwrócić uwagę na przedział pomiędzy pikiem lewym i prawym, gdzie nie ma zliczeń - tam jest dokładnie 0 zliczeń. Po środku tego przedziału (dla piku prawego jak w chaosie X,S,T F w okolicy 600) w miejscu 300 ustalono arbitralnie próg=300 zaliczania przebiegu do chaosu - osiągnięcie tej wartości „Avalanche”, tj. liczby nodów o odmiennym stanie od wzorca, praktycznie nie pozwala już na powrót do mniejszych wartości i kieruje proces do piku prawego, tj. równowagi chaotycznej Derridy.

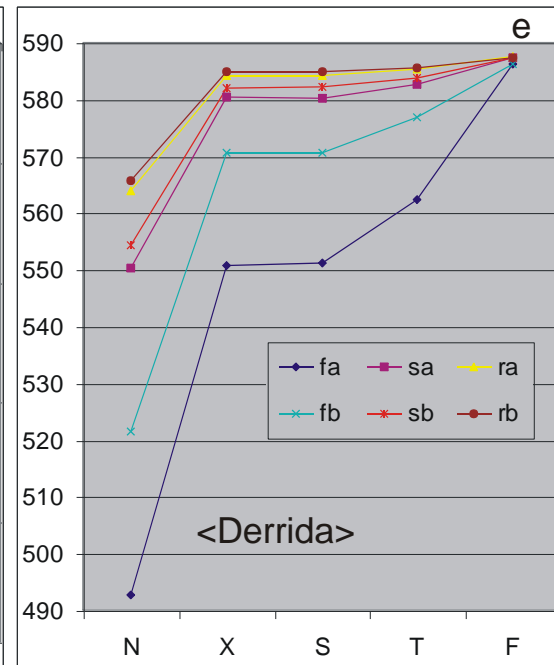
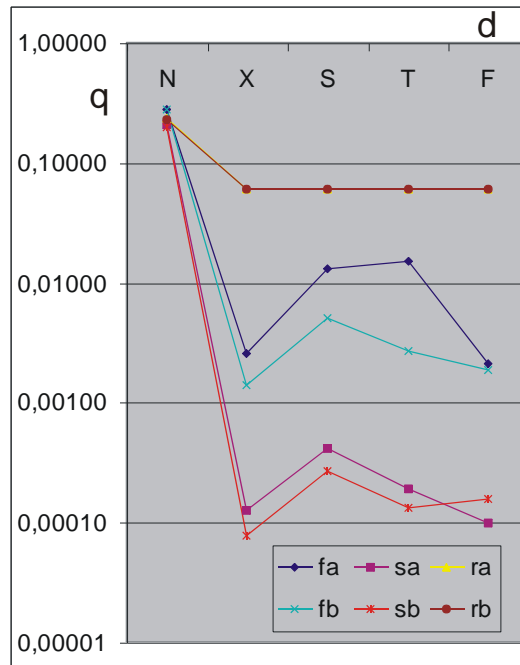
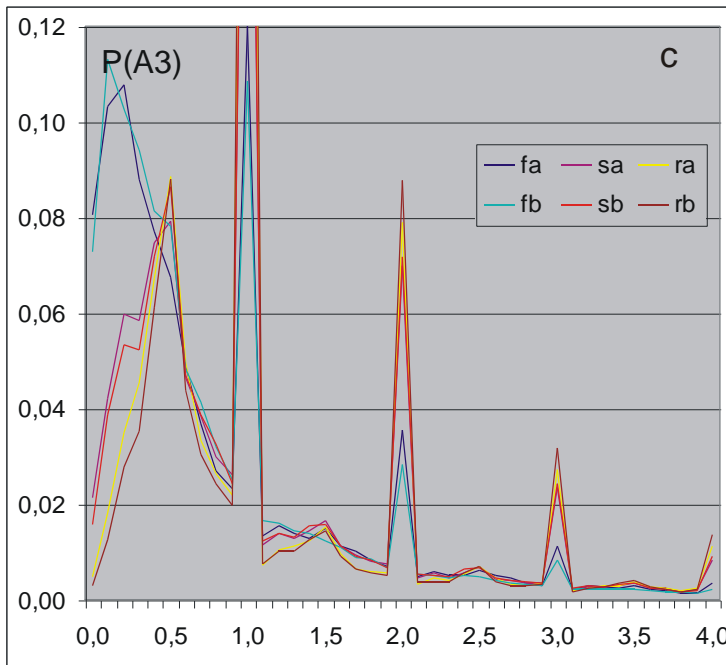
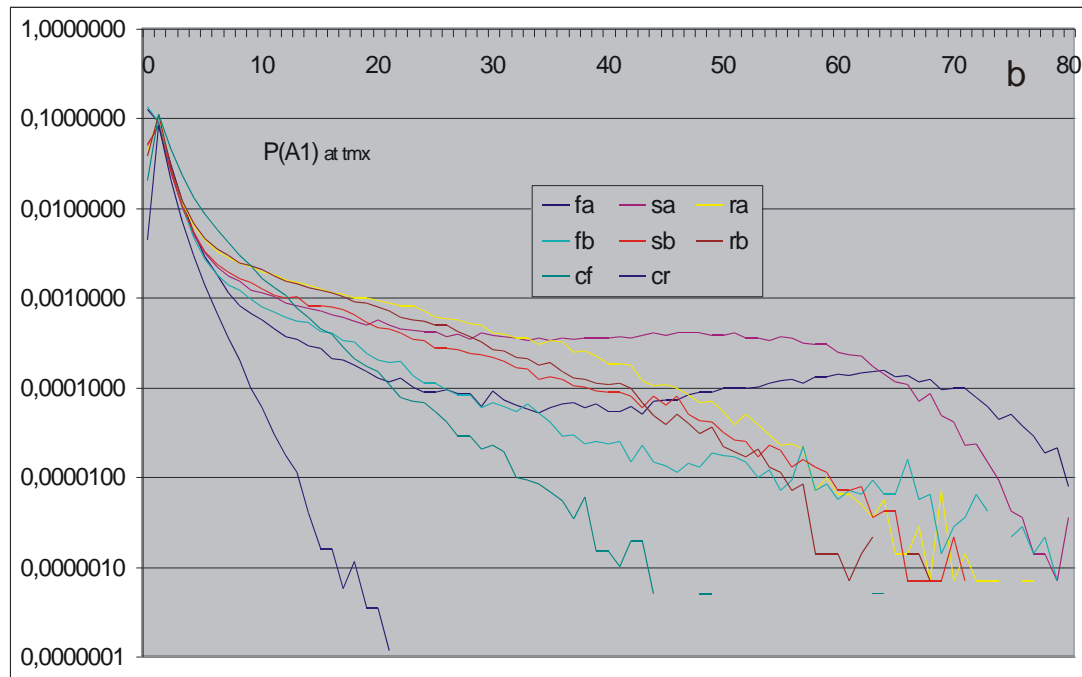
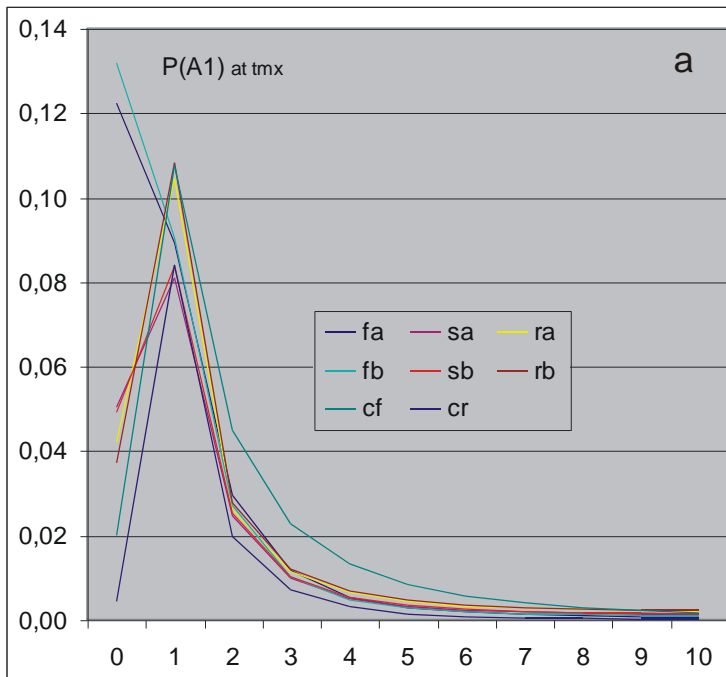
Dokładniej przedstawia piki lewy i prawy rys.2 oraz 3.

(c,d) - podział między porządek q (dla r zaznaczono podstawowy wpływ $k=0$) i chaos c (dokładniej w tab.1); dla N i X dodatkowo pokazano podział chaosu na eksplozje bezpośrednio po inicjacji (0 fade – wygasań), po 1 wygaśnięciu i 1 wtórnej ini, po więcej niż 1 wygaśnięciu.

W pozostałych formułach chaotycznych S,T,F tego podziału nie pokazywano, jest on praktycznie identyczny z X.



Rys.2. Piki lewy i prawy dokładniej. Podobnie jak w rys.1, punkty składane po 4A, wiersz górny dotyczy modelu a, a dolny modelu b. Po lewej dolny zakres piku lewego dla stanu ro-modularności (N) i dla stanu chaotycznego (przedział 0 zawiera A: 0+1+2+3) na przykładzie (X) - wejścia w chaos przez akceptację jednej eksplozji. W (a left) dla sieci f i s widać dodatkowy pik, a w r zmianę kształtu, wynikające z chaotycznego przebiegu w pojedynczych większych ro-modułach. Dokładniejsza analiza piku lewego na rys.3a,b,c. Piki prawe (N) wykazują silniejsze rozmycie i przesunięcie w lewo – tu eksplozja damage nie wniknęła we wszystkie ro-moduły. Różnice między modelami a i b oraz dla formuł N,X,S,T,F dokładniej na rys.3d,e.



Rys.3. Pik lewy stanu ro-modularności dokładniej (a,b,c) oraz różnice formuł NXSTF w poziomie równowagi Derridy i q (d,e).

(a) - Uzupelniające do **rys.2 left** przedstawienie samego początku piku lewego w pełnym zakresie. Jest to najważniejszy odcinek tego piku pokazujący jego porównanie między modelami met7a i b oraz met5c.

Niepokojąca różnica proporcji występowania $A1=0$ i 1 dla sieci f w met7 względem pozostałych, diskutowana szerzej w modelu met7eb **rys.9e**, dokładniej przedstawia (c), gdzie $A3$ jest średnią na ostatnich odcinku 50 krokach. Okazuje się, że do $A1=0$ zaliczane były często przypadki wielokrotnych wygasań, w których $A=1$ pojawia się co drugi, co trzeci, co czwarty raz, nawet rzadziej, a w pozostałych krokach jest $A1=0$.

(b) - Przedstawia pik lewy w skali logarytmicznej ukazując dokładniej ogon tego piku. Do stabilności ogon ten ma znikome znaczenie, jednak wykazuje on obecność dodatkowego, odmiennego mechanizmu, niż w met5c. Mechanizm ten szczególnie widoczny jest w modelu a, co widać już było na **rys.2a left**. Jego obecność w modelu b widać jednak dopiero na rys.(b). Mechanizm ten „poprawia” stabilność względem met5c, gdzie jeżeli występuje, to w bardzo małym stopniu i nie daje się jego stwierdzić. Jak wskazano w opisie **rys.2a left** polega on na eksplozjach chaotycznych w większych ro-modułach, ale powstał w wyniku kumulacji, co pokazuje dopiero **rys.11**.

(d) - Stopień uporządkowania q dla formuł NXSTF. Jest zaskakujące, że q (tj. $P(akc)$) dla X jest tak wyraźnie mniejsze. Nie jest to fluktuacja, gdyż w wielu niezależnych próbach efekt ten występował zawsze, a tu jest obecny w niezależnych symulacjach modeli a i b dla różnych sieci f i s. Dla sieci r efekt ten jest niemierzalny z powodu $k=0$. W modelu a dla sieci f także zagadkowe jest istotne podwyższenie q dla formuły T. Przypadki dużego q dla T obserwowane były na krokodylach (**rys.8f**) - gdy dla pozostałych formuł chaotycznych L sięgało najwyżej: dla F -27, X -52, S -156, to dla T zdarzyło się 5 razy (na 300) przekroczenie wartości 250: (256, 274, 362, 421, 511). W modelu b L dla T osiągnęło jedynie 111. Formuła T to przesunięcie funkcji na inne nody z pozostawieniem stanów początkowych.

(e) - Średnie pików prawych - chaotycznej równowagi Derridy. Ich wzajemne położenie w ramach jednego typu sieci i modelu jest zrozumiałe – X oraz S (losowe stany nodów) są identyczne. Przesunięcie średniej dla N na mniejsze wartości sugeruje, że chaotyczna lawina damage nie koniecznie zawsze ogarniała wszystkie ro-moduły. Natomiast różnice pomiędzy modelami a i b dla tego samego typu sieci wynikają głównie z braku ograniczenia wielkości atraktora lokalnego w modelu a (**rys.4g**), co pociąga za sobą większe zwężenie funkcji ścianek.

Różnice wyników dla X,S,T na (d i e) dla sieci f między modelami a i b mogą prowadzić do wskazania ciekawych pozostałości procesu generowania ro-modularności, nie były one dokładniej badane, gdyż skala tej pozostałości nawet dla f w modelu a jest na tyle mała i dotyczy głównie piku prawego, że nie wpływa na podstawowe wnioski z badań met7.

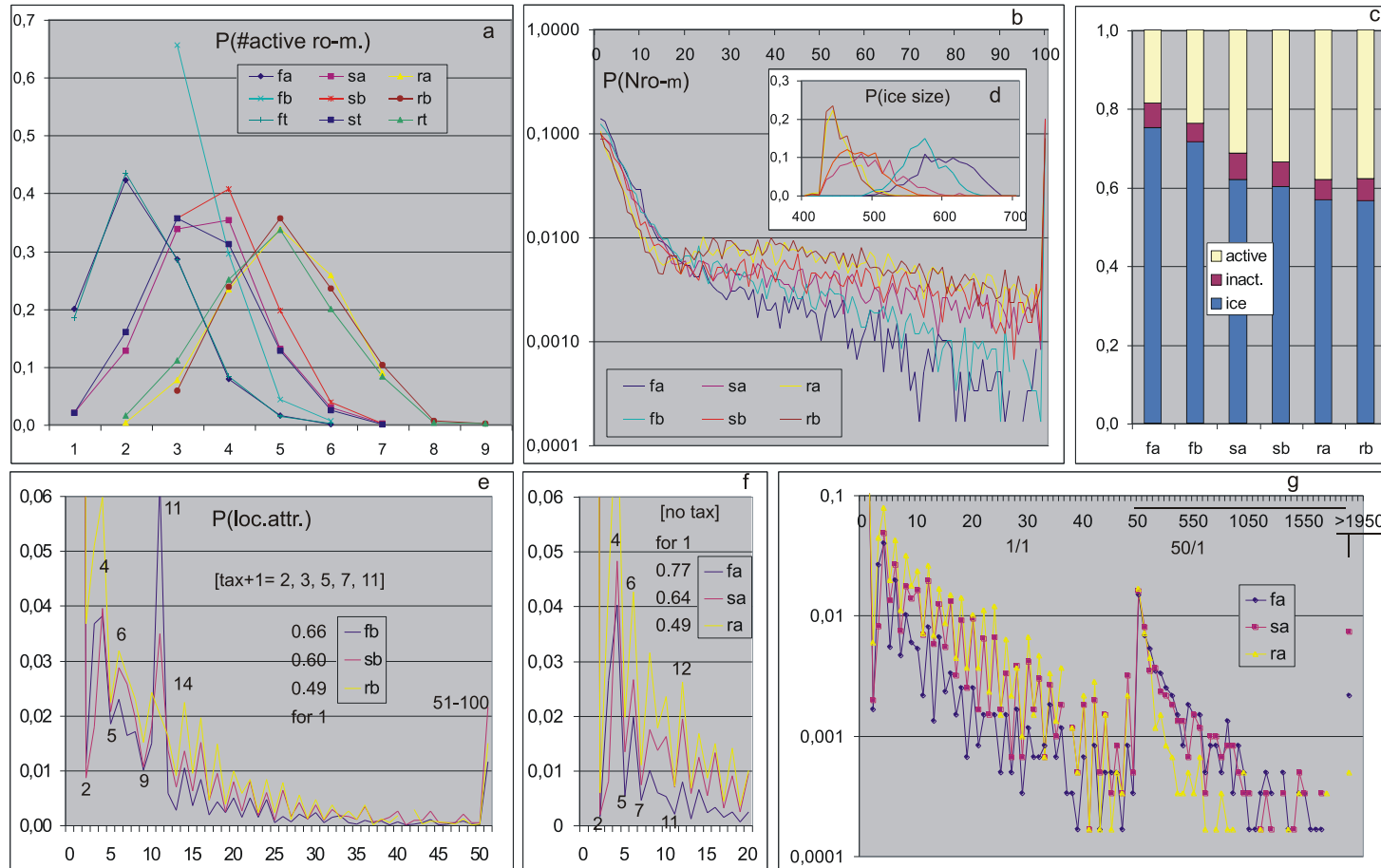
Przedstawione na (d,e) wyniki świadczą o skutecznym uzyskaniu stanu ro-modularności N, oraz, że podwyższona stabilność w N nie jest wynikiem statystycznych własności zbioru funkcji (zachowanych w X, S, T), ani też stanów początkowych zmienianych w iteracjach korygujących dla zwiększenia liczby aktywnych ro-modułów (zachowanych w T i F). Odstępstwa od funkcji losowych F są dla X, S i T znikome.

7.3.3 Badania skuteczności algorytmu

Rys.4a pokazuje rozkład liczby aktywnych ro-modułów uzyskany w wyniku algorytmu z ograniczeniem do 10 ro-modułów o maksymalnym rozmiarze 100 nodów, wraz z 9 iteracjami zmniejszającymi liczbę nieaktywnych. Na tym kończą się ograniczenia w modelu a, natomiast w modelu b dochodzi wymuszanie małych atraktorów według tablicy tax, oraz do liczenia dopuszczane są tylko agr, gdzie globalny atraktor >200 ; maksymalny lokalny atraktor ≤ 100 ; przesunięcie do najpóźniej rozpoczynającego się atraktora lokalnego <500 ; aktywnych ro-modułów jest ≥ 3 . Dla modelu b ograniczenia, szczególnie dotyczące liczby aktywnych ≥ 3 , zmieniają ten rozkład względem pierwotnego, więc ten wygenerowany pokazany został z oznaczeniem t. Jak widać rozkłady pierwotne w obu modelach praktycznie nie różnią się, jednak na wyniki może wpływać zmiana tego rozkładu w wyniku ograniczeń. Reszta **rys.4** dla modelu b dotyczy liczonych agr, spełniających te warunki.

Jak widać z **rys. 4b,c,d** większość agregatu stanowią nody lodu, do których należy także zaliczyć nieaktywne ro-moduły pokazane osobno na **rys.4c**.

Jak widać z **rys.4e** wymuszenie (tax+1) okazało się mało skuteczne dla 2,5 i 7, lepiej dla 3 i 11. Nie jest jasne, dlaczego 5 i 7 są gorsze od 3. Dla 2 i 7 obecne są ich wielokrotności (4, 6,... 14, 16...), jednak nie dla 5. Unikanie wartości 5, widoczne także na **rys.4f**, obserwowane było już w met5. Udział atraktorów lok. >30 jest znikomy. Pierwszy, ewentualnie 2 pierwsze ro-moduły zwykle rosną do maksymalnego rozmiaru 100 nodów, pozostałe są małe, zwykle poniżej 20 nodów (**rys.4b**).



Rys. 4. Strukturalne własności algorytmu tworzenia ro-modularności. (b-g) dla agr. liczonych. (a) – Rozkład liczby uzyskanych aktywnych ro-modułów, po warunku do 10 ro-modułów nie większych niż 100 i 9 iteracjach zmniejszających udział nieaktywnych lub bez znalezionej atraktora. Dla modelu b (z oznaczeniem t) jeszcze po wymuszaniu małych atraktorów ro-modułów z użyciem tablicy tax, a przed zastosowaniem warunków dalszego liczenia: aktywnych ≥ 3 , atraktor glob. > 200 , lokalne ≤ 100 , najpóźniej rozpoczynający się atr. lok. zaczyna się przed $t=500$. Z oznaczeniem b - po zastosowaniu tych ograniczeń, czyli w tych agr, które dopuszczone zostały do liczenia. W modelu a (oznaczenie a) tych ograniczeń i procedury tax nie stosowano i wszystkie wygenerowane były liczone. $P = (\text{Liczba agr, w których liczba aktywnych ro-m.} = x) / (\text{liczba agr})$ (b) – Rozkład wielkości ro-

modułów: N_{ro-m} = liczby nodów w ro-modułach. W obu modelach i dla wszystkich sieci jest on bardzo zbliżony, jedynie sieć f ma drobne systematyczne odstępstwa. Występują głównie małe, do 20 nodów oraz wielkie, dokładnie = 100 nodów (górną wymuszoną granicą). Z obserwacji krokodyli wiadomo, że zwykle jeden ro-moduł ma liczebność 100, bywają 2 takie, reszta jest zwykle mała.

(c) – Podział nodów sieci na lód (ścianki), nieaktywne ro-moduły i aktywne ro-moduły, tj. z atraktorem lokalnym ≥ 2 .

(d) – Rozkład wielkości (liczonej w nodach) lodu dla sieci i modeli wskazanych na (b). Tu punkty są wynikiem sumy 10 kolejnych rozmiarów. Jest to istotne uzupełnienie wielkości ro-modułów. Obraz ten bliżej analizowany jest na rys. 11, 12, 13a podczas ewolucji, gdzie ulega dużym zmianom. Obecność tych zmian wygenerowanego obrazu zbliżonego do uzyskanego w met5c po ewolucji świadczy o obecności jednak jakichś odmiennych mechanizmów, o czym będzie w rozdz. 7.4.2.

(e, f, g) – Rozkład długości atraktorów lokalnych dla ro-modułów. Por. rys. 5e, 7. Udział > 30 jest znikomy. Wartości dla atraktora punktowego obcięto i wypisano dodatkowo.

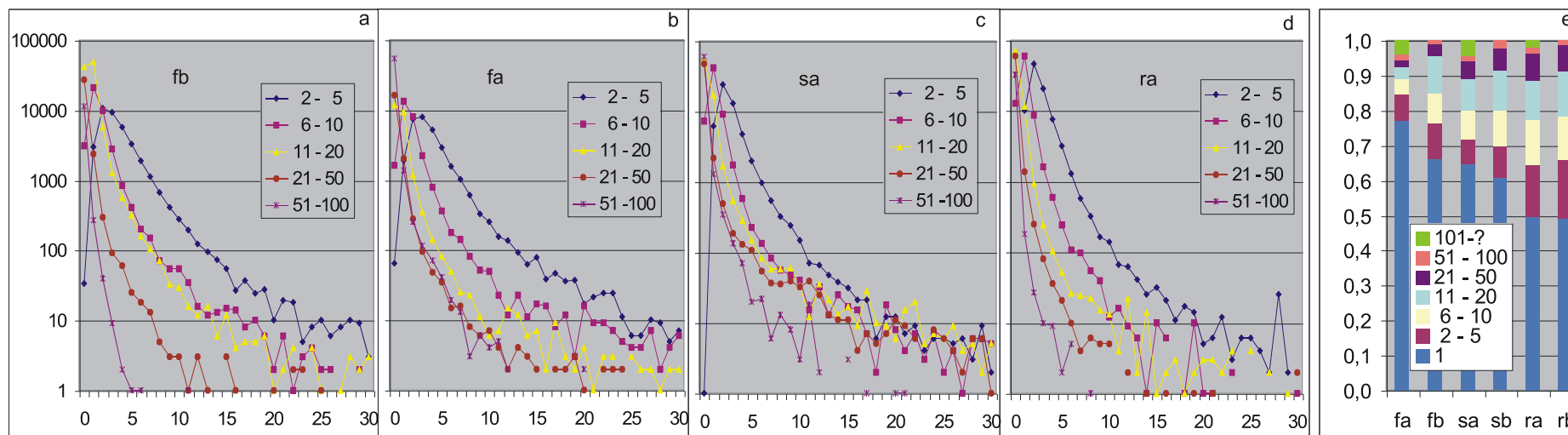
(e) - Dla modelu b. Wymuszenie (tax+1) okazało się mało skuteczne dla 2,5 czy 7, ale obecne są wielokrotności 2 i 7 (4,6,14, 16...) jednak nie 5. Atraktory > 50 zsumowano w punkcie ostatnim (51-100).

(f) - Dla modelu a w formie liniowej jak (e) ale do 20, a w skali logarytmicznej (g) cały zakres, gdzie większe od 50 przedstawiono zsumowane w kolejnych przedziałach po 50, ostatni punkt wskazuje > 1950 łącznie z niewykrytymi z powodu przekroczenia tmx. Jak widać, rozkład dla modelu a bez wymuszania małych atraktorów okazał się zbliżony do modelu b z wymuszaniem, co było zaskoczeniem. Ogony tych rozkładów praktycznie nie mają znaczenia, choć wydają się jedynym wyjaśnieniem różnic rys. 3e.

7.3.4 Podstawowy mechanizm ro-modularności

Podstawowy mechanizm ro-modularności to ustanie eksplozji chaotycznych w zakresie pierwszych kilku obrotów małych atraktorów ro-modułów (atr. lokalnych). Trzeba pamiętać, że nowa trajektoria nie musi mieć tego samego atraktora i tej samej długości atraktora, ponadto zwykle dochodzi do atraktora w jakimś czasie. Jednak zwykle czas dochodzenia jest krótki, a atraktor jest podobny (co wykazano w rozdz.7.4.4). Zwykle więc następuje szybkie wejście nowej trajektorii w już zbadany obszar i eksplozje ustają. Na tej właśnie statystycznej okoliczności opiera się oczekiwanie, że eksplozje ustają w czasie 2 obrotów atraktora wzorcowego. Ten obraz jest dużym przybliżeniem zakładającym głównie, że nowa trajektoria wewnątrz ro-modułu nie wytworzy stanu „nieprzygotowanego” w ściankach lodowych i te nie wypuszczą lawiny damage poza ro-moduł.

Inicjacja nodów lodu ma całkiem inne uwarunkowania. Może ona początkowo wywołać damage w jednym lub dwóch ro-modułach, damage może też rozchodzić się wewnątrz lodu. W przypadku ograniczenia damage do samego lodu, wyczerpuje ona warianty prowadzące do eksplozji znacznie później - gdy wejścia danego nodu ścianki pobierają sygnały z dwóch ro-modułów, a długości ich atraktorów to liczby pierwsze, to dopiero iloczyn tych długości wyczerpuje warianty, w praktyce – atraktor globalny. Ten jednak jest zwykle względnie mały, gdyż wynika z małych atraktorów lokalnych w ro-modułach, a ścianki są lodem i nie wydłużają go. Bywają nody ścianki pobierające sygnały z 3 ro-modułów ($K=3$). Jeżeli damage w lodzie wygasło, a zwężenie funkcji nodów ścianek zwiększa na to szanse, jednak weszło do ro-modułu, to trzeba pamiętać, że funkcja nodu ścianki jest zmieniona permanentnie, co ułatwia damage jej perforację i przejście do sąsiednich ro-modułów.



Rys.5. (a-d) Oś argumentów - liczba obrotów atraktora lokalnego ro-modułu zawierającego inicjowany nod, do eksplozji chaotycznej.

Oś wartości - zliczenia w skali logarytmicznej. Dane zbierano z 600 agr. z podziałem na zakres atraktora lokalnego.

Dla lodu i ro-modułów nieaktywnych wszystkie eksplozje mieściły się w ramach pierwszego obrotu atraktora globalnego.

(b,c,d) dla sieci f,s,r w modelu a. (a) - Sieć f w modelu b daje nieco odmienne wyniki niż w modelu a, sieci s i r w obu modelach są zbliżone.

Jest zrozumiałe, że dla bardzo małych atr. lok. obrotów tych jest więcej. Tu znaczenie ma czas (średnio około 10) do osiągnięcia przez lawinę progu 300 nodów zaliczenia do eksplozji (rys.6g). Uwzględniając to opóźnienie, większość eksploduje w zakresie 2 pierwszych obrotów (0 i 1). Należy pamiętać, że porównanie dotyczy atraktora wzorca, po ini atraktor nie musi być ten sam, a czas wygasania może wydłużać nowy atraktor. Także zwykle doliczyć trzeba czas dojścia do nowego atraktora, co dla tak małych atraktorów jest istotne.

(e) – Udział wśród ro-modułów przedziałów atraktora lokalnego użytych na (a-d). Główną część zajmuje nieaktywny ro-moduł z atraktorem punktowym nie uwzględniany na (a-d).

W tej sytuacji proste oczekiwanie, że małe atraktory ro-modułów ograniczą eksplozje do 2 obrotów atraktora lokalnego, okazuje się jedynie pierwszym przybliżeniem obrazu, zaniebującym bogactwo możliwych zdarzeń o małych prawdopodobieństwach. W doświadczeniu rozrózono inicjacje w ro-modułach i w lodzie ścianek, śledzono głównie inicjacje w ro-modułach, przyjmując, że damage w ściankach nie są istotnie ograniczane mechanizmem ro-modularności.

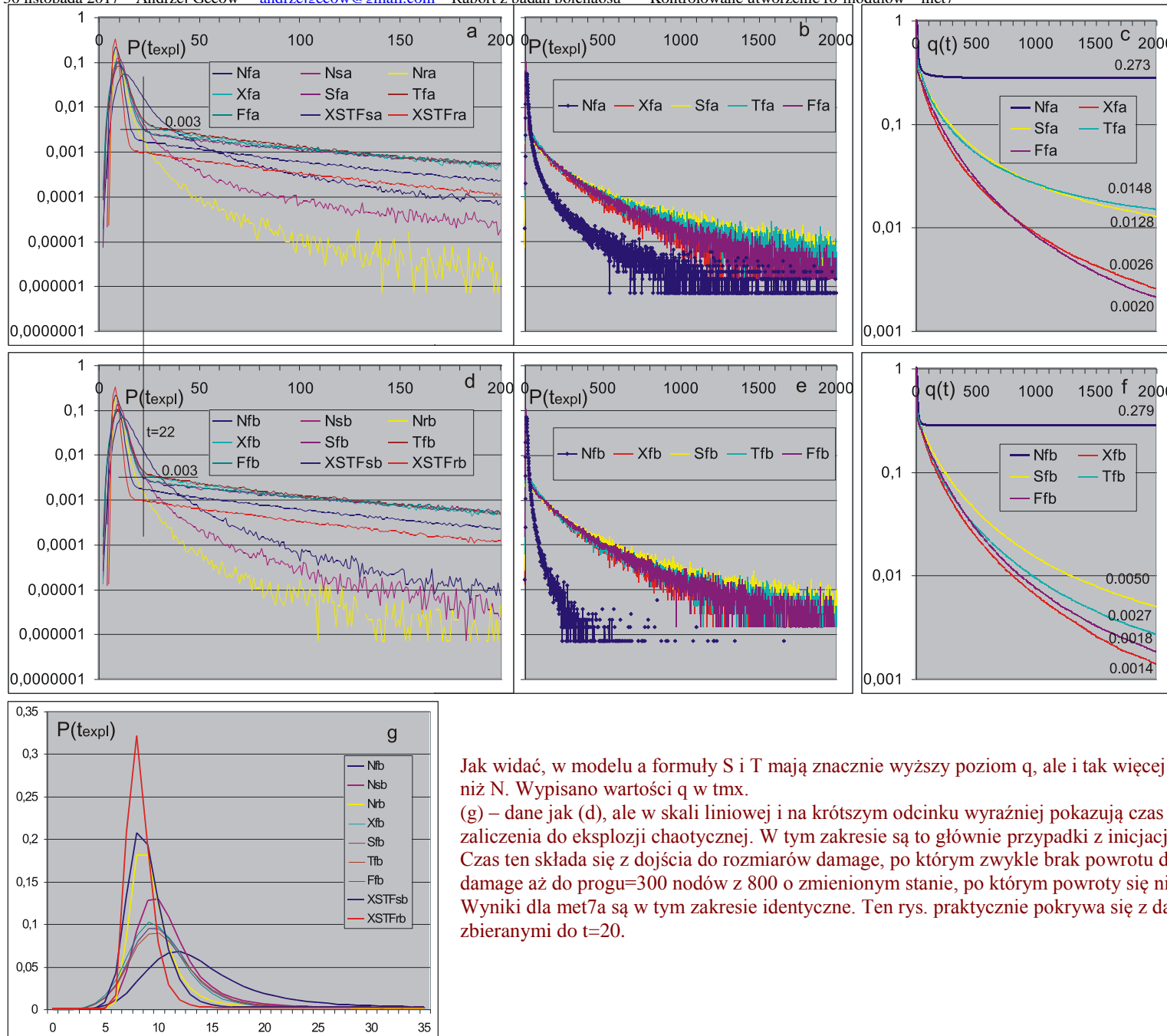
Wyniki badań zgodności tych przewidywań z rzeczywistością pokazuje **rys.5a-d** dla sieci f,s,r dla modelu a, przy czym sieć f pokazana jest także dla modelu b. Ponieważ 2 obroty małych (2,3,5) atraktorów lokalnych raczej nie wystarczają na dojście rozmiarów lawiny do progu, nawet gdy lawina rośnie szybko od chwili inicjacji, podzielono badanie na zakresy długości atraktora lokalnego. Zgodnie z przewidywaniami, małe atraktory mają zwykle więcej obrotów do eksplozji, co uzasadnia **rys.6g** wskazujący czas dojścia wielkości lawiny do progu. Dlatego na **rys.5a-d** dla zakresu 2-5 praktycznie nie pojawiają się eksplozje w pierwszym (zerowym na wykresie) obrocie atraktora, a dla zakresu 6-10 także pierwszy obrót ma prawie o rząd mniejszą frekwencję. Są to dane dla dowolnych eksplozji, także po wtórnych inicjacjach, ale nieco mniej dokładne pomiary (tylko do $t=20$) dla eksplozji po pierwszej inicjacji okazały się niemal identyczne, tylko ogon był minimalnie niżej. Ta bardzo drobna różnica wynika z wtórnych inicjacji po wygaśnięciach, które przesuwają bezwzględny czas eksplozji na nieco większe wartości, ale udział takich eksplozji jest mały dla formuły N, co widać na **rys.1c,d**, większy dla X. Wskazuje to na przyczynę płaskiego ogona dla formuł chaotycznych X,S,T,F szczególnie dobrze widocznego na **rys.6a,b,d,e**.

Dla N maksimum na **rys.6g** jest w 12, 9.7, 8.5, odpowiednio dla sieci f,s,r, ale pik jest niesymetryczny i czas ten jest rozmyty bardziej na większe wartości. Po inicjacji małe atraktory często wydłużają się. Po uwzględnieniu tych rozmaitych poprawek dla bardzo krótkich atraktorów, **rzeczywiście wystąpienie eksplozji później, niż w czasie dwóch obrotów atraktora lokalnego, jest mało prawdopodobne**, co potwierdza wyobrażenia o mechanizmie ro-modularności. **W tym uproszczeniu „pierwszy obrót” zawiera dojście do atraktora i dla większych atraktorów także czas wzrostu lawiny do progu, co dla mniejszych atr. już się nie mieści.**

Wspomniany **rys.6a,b,d,e,g** przedstawia rozkład czasu do eksplozji chaotycznej. Dane z próby 300agr dla X,S,T,F i 600agr dla N. Na rys. tym wyraźnie widać dwa mechanizmy – za nagły zwrot (zaznaczony na **rys.6a i d** dla sieci f) opadającej krzywej i przejście w płaskie opadanie, odpowiadają wtórne inicjacje po wygaśnięciu. Bez ro-modularności trafiają one w całkiem losowe okoliczności, co prowadzi do eksplozji jeżeli nie tym, to następnym razem, natomiast w stanie ro-modularności trafiają na sytuację już przetestowaną, prowadzącą do wygaśnięcia. Przekonująco pokazuje to **rys.6c,f**, gdzie dla N od tego punktu praktycznie nie zdarzają się eksplozje i poziom $q(t)$ pozostaje stały, a dla X,S,T,F systematycznie opada do tmx i można oczekiwać, że po przedłużeniu tmx opadnie od zera. **Tak więc ważnym elementem mechanizmu ro-modularności jest inna sytuacja wtórnych inicjacji.**

Zauważmy, że w ro-modułach o bardzo krótkich atraktorach mało jest wariantów – tj. stanów wejściowych funkcji, dla których ściany mają być lodem. Porównując **rys.4c i 5e** można wnioskować, że nieaktywne ro-moduły są znacznie mniejsze. Podobne wrażenie w przybliżeniu liniowego związku między wielkością atraktora lokalnego a wielkością ro-modułu można odnieść z obserwacji danych na krokodylach. Wykonano więc dodatkowe badanie, którego wynik (**rys.7a,b**) - zależność średniej wielkości ro-modułu od zakresu wielkości atraktora lokalnego rzeczywiście potwierdza, że większe atraktory pojawiają się w średnio większych ro-modułach, jednak efekt ten wynika głównie z liczby ro-modułów o maksymalnym rozmiarze 100. Po usunięciu z podsumowania rozmiaru 100 - serie z gwiazdką na **rys.7a,b** przedstawiają już całkiem inny obraz. Dokładniej sytuację pokazują **rys.7e,f,g** dla kolejnych sieci f,s,r, (zsumowany dla modeli a i b) gdzie wielkość ro-modułu N_{ro-m} mierzona w nodach (5 oznacza zakres 0-9, podobnie 15, ... 95, ale 100 oznacza jedynie 100) wskazana jest w zależności od zakresu atraktora lokalnego. Tu rzuca się w oczy silna preferencja małych rozmiarów dla ro-modułów nieaktywnych i zwykle unikanie małych rozmiarów gdy atraktor lokalny jest większy. Nie są to jednak zależności proste i wyraźnie zależą od typu sieci.

Związek wielkości ro-modułu i długości jego atraktora jest interesujący by ocenić prawdopodobieństwo eksplozji po inicjacji w określonych ro-modułach i porównać go z prawdopodobieństwem dla ścianek z lodu. To dopiero wskazać może mechanizm zwiększania stabilności potwierdzając rolę ro-modułów. Na **rys.7c,d** przedstawiony jest $q = P(akc)$ inicjacji w lodzie i ro-modułach o wskazanych zakresach atraktorów lokalnych. Dodatkowo wskazany jest udział nodów takich ro-modułów (serie z gwiazdką). Jak widać, nody ścianek lodowych mają główny udział, ale mimo zwężenia ich funkcji – mały stopień porządku (duże prawdopodobieństwo eksplozji chaotycznej). Ro-moduły, natomiast, mają małe udziały (por. zsumowane na **rys.4c**), ale większe q , które tworzy frakcję uporządkowaną i lewy pik na **rys.1 i 2**. Wynik zależności q od przedziału atraktora lokalnego na **rys.7c,d** jest jednak zaskakujący, gdyż q rośnie z wielkością atraktora w obu modelach a i b, a należałoby oczekiwać znacznie większego q dla przedziału np. 6-10, a znacząco mniejszych od niego, może takich jak zmierzone, dla przedziału 51-100. Także q dla lodu jest istotnie większe od oczekiwanego. Niemniej, q dla lodu jest kilka razy mniejsze od zmierzonego dla aktywnych ro-modułów, co potwierdza ich znaczenie i ogólne ramy mechanizmu. Obraz jest jednak znacznie bardziej złożony od oczekiwanego.



Rys.6. Rozkłady chwili eksplozji (tj. chwili przejścia przez próg) dla modeli a i b. Czas do eksplozji jest istotny ze względu na jego związek z mechanizmem blokowania eksplozji w stanie ro-modularności. N-600 agr, X,S,T,F-300 agr, różnica ta wpływa jedynie na dokładność, nie na wartości. (b,e) – rozkłady dla fa i fb w pełnym zakresie tmx. (a,d) – początkowy odcinek dokładniej dla wszystkich sieci z rozbiem X,S,T,F dla f by wskazać jak małe są różnice, i sumą dla s i r. Zaznaczony dla f punkt (t=22, P=0.003) zmiany dominującego mechanizmu z inicjacji pierwotnej na wtórne dla formuł X,S,T,F. (c,f) – ubywanie inicjacji uporządkowanych q(t) na przykładzie sieci f. Dla N kończy się ono praktycznie w t=100, dla X,S,T,F nie ustaje w wyniku wtórnych ini i gdyby przedłużyć tmx, spadałyby dalej.

Jak widać, w modelu a formuły S i T mają znacznie wyższy poziom q, ale i tak więcej niż rząd wielkości mniejszy niż N. Wypisano wartości q w tmx.
 (g) – dane jak (d), ale w skali liniowej i na krótszym odcinku wyraźniej pokazują czas do osiągnięcia progu zaliczenia do eksplozji chaotycznej. W tym zakresie są to głównie przypadki z inicjacji pierwotnej (bez wygasania). Czas ten składa się z dojścia do rozmiarów damage, po którym zwykle brak powrotu do stabilności, i czasu wzrostu damage aż do progu=300 nodów z 800 o zmienionym stanie, po którym powroty się nie zdarzają. Wyniki dla met7a są w tym zakresie identyczne. Ten rys. praktycznie pokrywa się z danymi dla pierwotnej inicjacji zbieranymi do t=20.

7.3.5 Porównanie modeli met7a i met7b

To, że rozkład wielkości atraktorów lokalnych ro-modułów bez wymuszania małych atraktorów metodą tax jest zbliżony do tego po wymuszeniu (**rys4e,f,g**), było dużym zaskoczeniem. Niewątpliwie, w tej sytuacji prostszy model bez wymuszania staje się ważniejszy i mimo, że etap bez ewolucji jest jedynie przygotowaniem do badania ewolucji, należało porównać wyniki obu tych modeli już na tym etapie, tym bardziej, że ma on dokładniejsze parametry od stosowanego w ewolucji. Już począwszy od **rys.1 i tab.1** wyniki systematyczne przedstawiane są dla obu modeli. Gdyby nie pewne nieduże ale istotne różnice, które tu zostaną wyspecyfikowane, model b można by pominąć. Należy jednak pamiętać, że w modelu b stosowano ograniczenie atraktorów zarówno lokalnych (≤ 100) jak i globalnego (>200) a w modelu a zaniechano tych ograniczeń, ta różnica raczej nie ma istotnego znaczenia, lepiej więc było sprawdzić model a w najprostszej postaci.

Główny wynik - poziom q pokazany w **tab.1** i na **rys.1c,d** okazuje się bardzo zbliżony: nieco mniejszy w modelu a dla sieci f, ale też nieco większy dla sieci s i r. Na **rys.1a,b** główną różnicą rzucającą się w oczy jest wyraźnie większe rozmycie i przesunięcie w lewo piku prawego (równowagi Derridy) szczególnie dla sieci f. Lepiej widać to na **rys.2 right**, a najlepiej na **rys.3e**. O ile dla samej formuły N narzucającym się wyjaśnieniem jest obecność ro-modułów, do których nie wtargnęła eksplozja chaotyczna, to wyjaśnienie takich odstępstw w przypadku formuł X, S, T na **rys.3e**, ewidentnie mających zbliżony charakter i prawdopodobnie przyczynę, nie jest już możliwe dokładnie tym samym mechanizmem. Jest jasne, że nadal jest to odstępstwo od pełnej losowości funkcji wynikające z silnego zwężenia funkcji w ściankach pomiędzy ro-modułami, ale różnica pomiędzy X,S a T sugeruje, że w X i S pozostaje jakiś ślad ro-modułów, gdyż mimo losowej zmiany stanów, nody ścianek ze zwężonymi funkcjami pozostają na swoim miejscu. W formule T może działać już tylko samo zwężenie funkcji. W modelu a nie ma ograniczenia na wielkość atraktora lokalnego i można oczekiwać jego większych długości, co tłumaczyłoby by większe zwężenie funkcji. Jak jednak widać z **rys.4g**, udział większych atraktorów lokalnych jest raczej znikomy.

Ważną różnicą modeli jest obraz na **rys.2 left**, gdzie dla modelu a w ogonie piku lewego sieci f i s widać dodatkowe maksimum widoczne także na **rys.3b**. Porównując model met7b z met5c można było podejrzewać istnienie takiego „nowego” mechanizmu, ale dopiero wyniki modelu a wykazują jego istnienie jednoznacznie. Z drugiej strony w met7 chodziło o kontrolowane odtworzenie wyników met5c, więc kierunek modyfikacji modelu b okazuje się właściwy. Powracając jednak do pierwotnych celów badań - wskazania mechanizmów podwyższających stabilność w podobszarach systemów chaotycznych (chaotycznych gdyby były w pełni losowe), to mechanizm dodatkowy wykazany modelem a mógłby być jednym z nich ze względu na dodanie przypadków tworzących ten „garb” do piku lewego, jednak jednocześnie obserwuje się na **rys.3b** większy spadek frekwencji dla mniejszych A1 i bilans tego mechanizmu jest ujemny. Jego wytłumaczeniem są ro-moduły w których doszło do eksplozji chaotycznej, ale nie wyszła ona z tego ro-modułu. Takie wyjaśnienie zgodne jest z obserwacją na **rys.11, 12 i 13a**, że w wyniku kumulacji ini lód topnieje a ro-moduły rosną i jest to silniejsze w modelu a niż b, a najsłabsze w met5c. W met7a i b nie ma kumulacji, ale pik lewy jest wynikiem inicjacji.

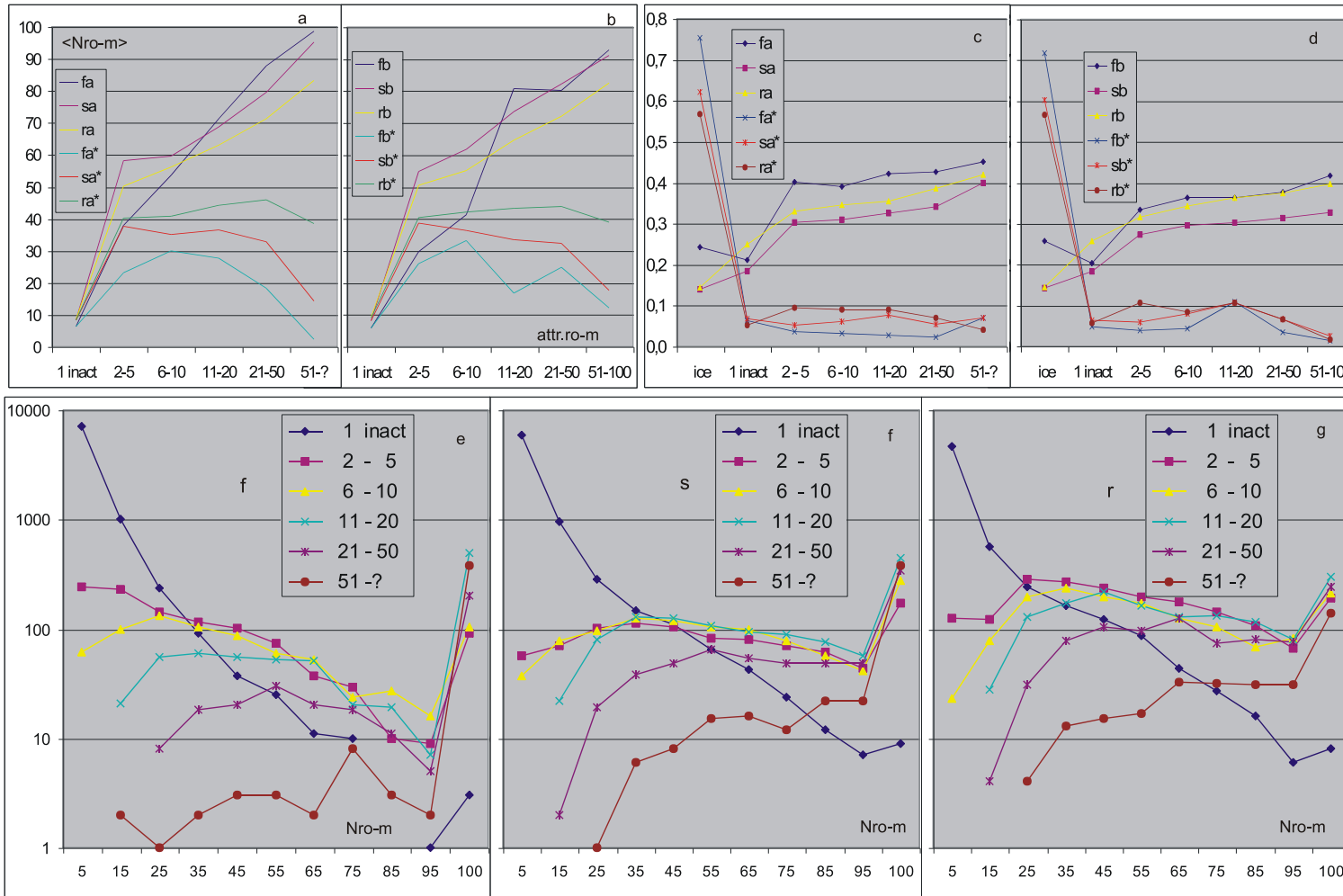
Szczególnie zaskakujące jest zachowanie formuły T dla sieci f w modelu a widoczne na **rys.3d**. Nie jest to fluktuacja, przypadki dużego q dla T obserwowane były na krokodylach (**rys.8f**). Znacznie mniejsze, ale podobne w charakterze odstępstwo prezentuje formuła S - należy zauważyć, że wykres jest w skali logarytmicznej. Gdy dla formuł chaotycznych X i F L (liczba ini bez eksplozji chaotycznej) sięgało najwyżej 52, to dla T zdarzyło się 5 razy (na 300) przekroczenie wartości 250 a dla S 4 razy wartość 100. Zjawisko to jest także widoczne na **rys.6c,f**, gdzie dla modelu a formuły S i T dają średnio w całym zakresie istotnie wyższe q od X i F. Formuła T to przesunięcie funkcji na inne nody z pozostawieniem stanów początkowych (w starym miejscu), a formuła S to zmiana losowa stanów początkowych. W obu tych formułach, tak jak i w X zbiór funkcji nodów pozostaje bez zmian, jednak działają one w innych warunkach. Może prowadzić to do wskazania ciekawych pozostałości procesu generowania ro-modularności. Nie było to dokładniej badane, gdyż skala tej pozostałości jest na tyle mała i dotyczy piku prawego, że nie wpływa na podstawowe wnioski z badań met7.

Przedstawione na **rys.5** wyniki nie różnią się między modelami a i b, poza drobnym, wydawałoby się, odstępstwem dla sieci f pokazanym na **rys.5a,b** i wyraźną wynikającą z tego różnicą na **rys.5e** (nie mylić z lodem na **rys.4d**). Ta ostatnia to udziały przedziałów wielkości atraktora lokalnego widoczne wyraźnie w tym przedstawieniu, a nie rzucające się w oczy, choć widoczne na **rys.4e,f,g**.

Na **rys.6**, szczególnie **rys.6b,e** rzuca się w oczy inne zachowanie rozkładu czasu eksplozji chaotycznej dla formuły N sieci f modelu a i b, czyli nie dla kontrolnych formuł chaotycznych. W modelu a rozkład ten wyraźnie bardziej zbliżony jest do chaotycznych. Omawiana różnica związana jest z wtórnymi inicjacjami, których poziom dla sieci f w formule N modelu a jest wyraźnie wyższy, na co m.in. wskazuje **rys.6a,d**. Różnice na **rys.6c,f** omawiane były wyżej.

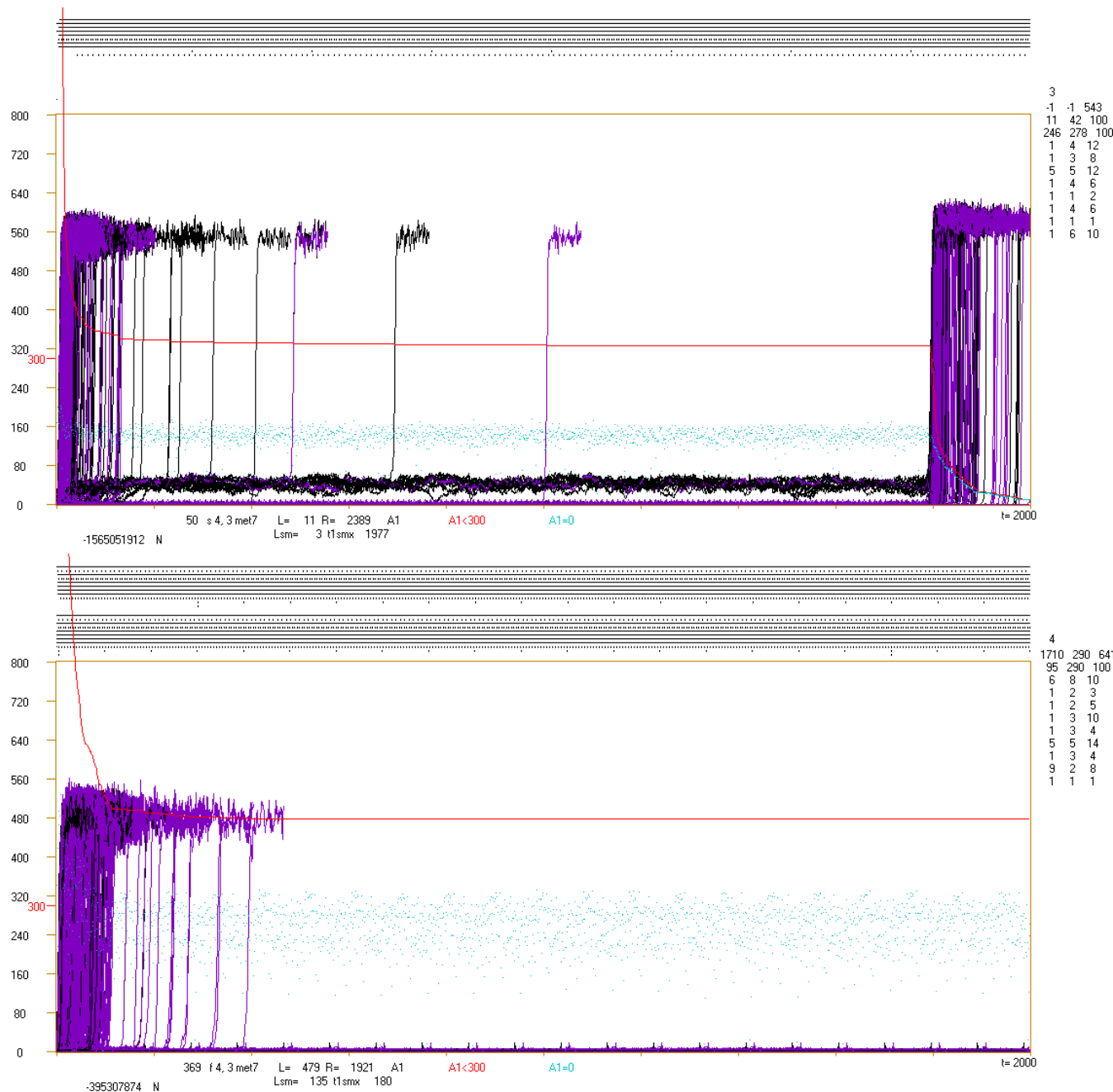
Na **rys.7a,b,c,d** różnice wynikają z wymuszania głównie atraktora lokalnego $=11$ i mniejszego udziału przez to zakresu 2-5, co widać także na **rys.4e**. Ten czynnik w met7eb został zmodyfikowany inną tabelą tax. Z powodu dużego podobieństwa między modelami a i b w wynikach pokazanych na **rys.7e,f,g** i by zwiększyć statystyki, zsumowano te wyniki.

Podsumowując, model a jest wystarczający dla głównych celów postawionych w met7, ale model b i porównanie tych modeli daje głębsze spojrzenie na badane zagadnienia, a model b bardziej przesuwając obraz w kierunku modelu met5c, który miał być kontrolowanie odtworzony, jest więc krokiem następnym w pożądanym kierunku. Porównanie pokazuje też, że sieć f jest szczególnie czuła na zmiany parametrów modelu, przez co ograniczanie badań tego typu do jednego typu sieci może dawać dość skrajne wnioski. Sieć s, mimo podobieństwa konstrukcyjnego do sieci f jest już bardziej „stabilna” względem parametrów modelu i wyraźnie zbliża się do r w porównaniu z f.

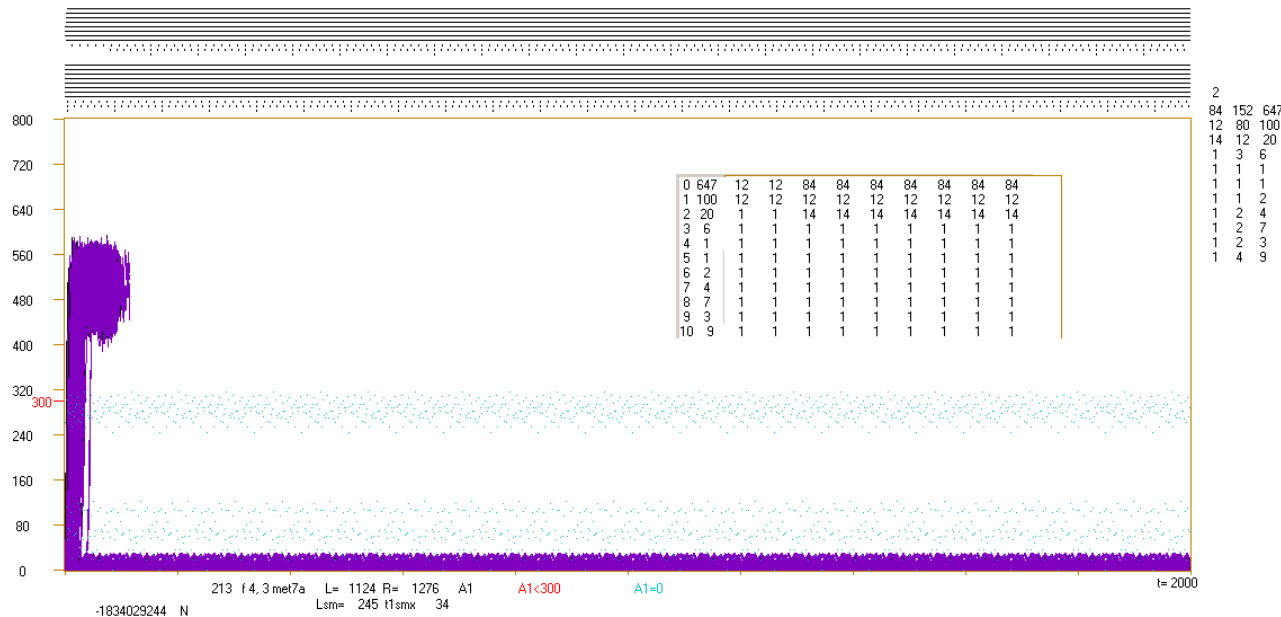


Rys.7. Zależność wielkości ro-modułów i długości ich atraktora lokalnego, zebrane dla każdego liczonego agr. (a,b) – średnia wielkość ro-modułu $\langle N_{ro-m} \rangle$ od zakresu jego atraktora. Gdy z tej średniej wyłączyc $N_{ro-m}=100$ (serie z *) zależność przestaje być w przybliżeniu liniowa. (e,f,g) – dokładniejsze dla kolejnych sieci f,s,r, zsumowane z modeli a i b z powodu podobieństwa i dla poprawienia statystyki. $N_{ro-m}=5$ oznacza zakres 0-9, podobnie 95 to 90-99, 100 oznacza jedynie 100. Silna preferencja małych rozmiarów dla ro-modułów nieaktywnych, unikanie małych rozmiarów gdy atr. lok. jest większy. (c,d) – $q = P(\text{akc})$ inicjacji w lodzie i w ro-modułach w zależności od zakresów atr. lok. Dodatkowo wskazany jest udział nodów takich ro-modułów (serie z *). Widać, że nody ścianek lodowych mają główny udział, ale mimo zwężenia ich funkcji spore

prawdopodobieństwo eksplozji, a ro-moduły, głównie - aktywne, mają małe udziały (por. zsumowane na rys.4c), ale wyraźnie większe q , które tworzy lewy pik przypadków uporządkowanych na rys.1.

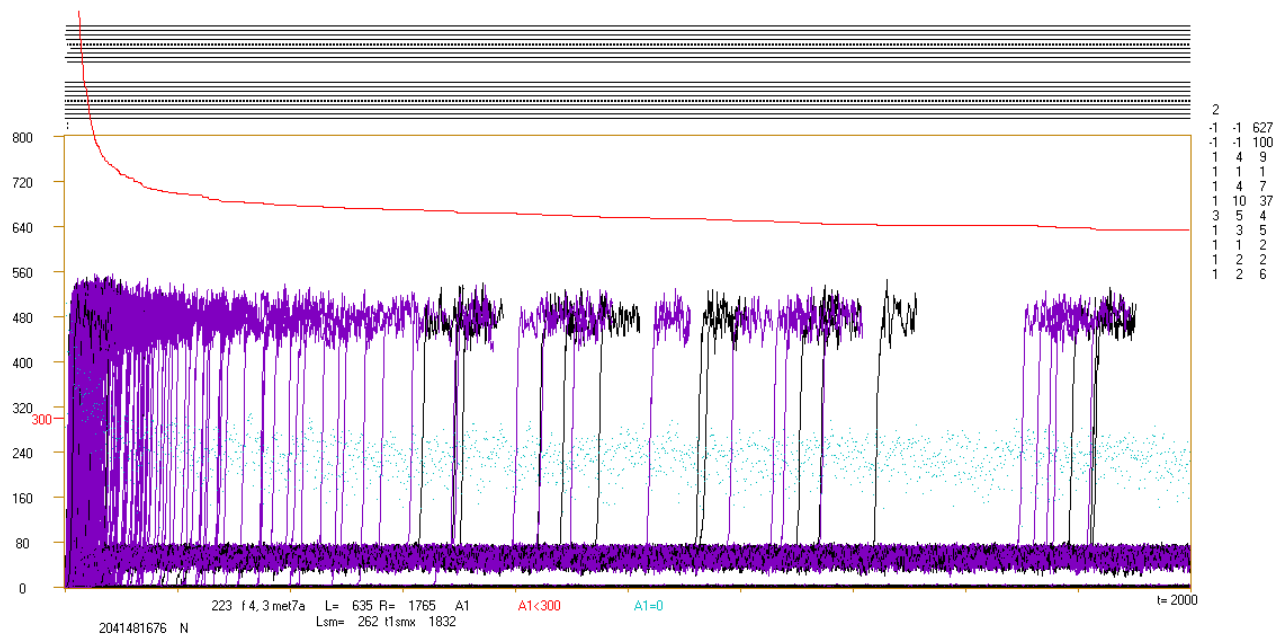


Rys.8. „Krokodyle” przykładowe.
 (a) – Przypadek z serii wstępnych, gdzie po przesunięciu początku tj. miejsca inicjacji do początku najpóźniej zaczynającego się (w 278) atraktora lokalnego (stan = stanowi z tmx) o długości 246, nastąpiło załamanie chaotyczne w okolicy $t=1800$, czyli na uzupełnionym odcinku trajektorii wzorcowej. W zakresie (do 1722) przygotowanej ro-modularności przez algorytm widać wejście jednego z dwóch ro-modułów o liczebności 100 w stan chaotycznej równowagi Derridy na poziomie między 40 a 65. Czarne przebiegi dotyczą inicjacji w ro-module.
 Są tu 3 aktywne ro-moduły z 10 wygenerowanych. Atraktor globalny tu nie wykryty (-1). 543 nodów lodu. Niżej 10 ro-modułów: długość atr.lok., jego początek, liczebność ro-modułu. U góry atraktory ro-modułów (powtórzenie stanu z tmx) przed przesunięciem.
 (b) – Typowy przebieg dla sieci f w ostatecznych seriach symulacji. Wyższy zestaw ‘atraktorów’ sprzed przesunięcia (stan z tmx) niższy po przesunięciu (stan z $t=4$). Tu atraktor globalny ma długość 1710. Jednak eksplozje ustają około $t=400$. Najpóźniejsza eksplozja po inicjacji w ro-module to $t1smx=180$. Nie wiadomo, w którym ro-module była inicjowana, ale największy atr.lok.=95 więc 180 to mniej niż 2 jego obroty.
 Linia czerwona wskazuje liczbę inicjacji, które nie przekroczyły progu=300 (patrz rys.6cf), w $tmx=2000$ to $L=479$. W każdym z 800 nodów tworzących sieć są 3 inicjacje, razem 2400, dlatego wystaje ona na początku ponad ramkę.



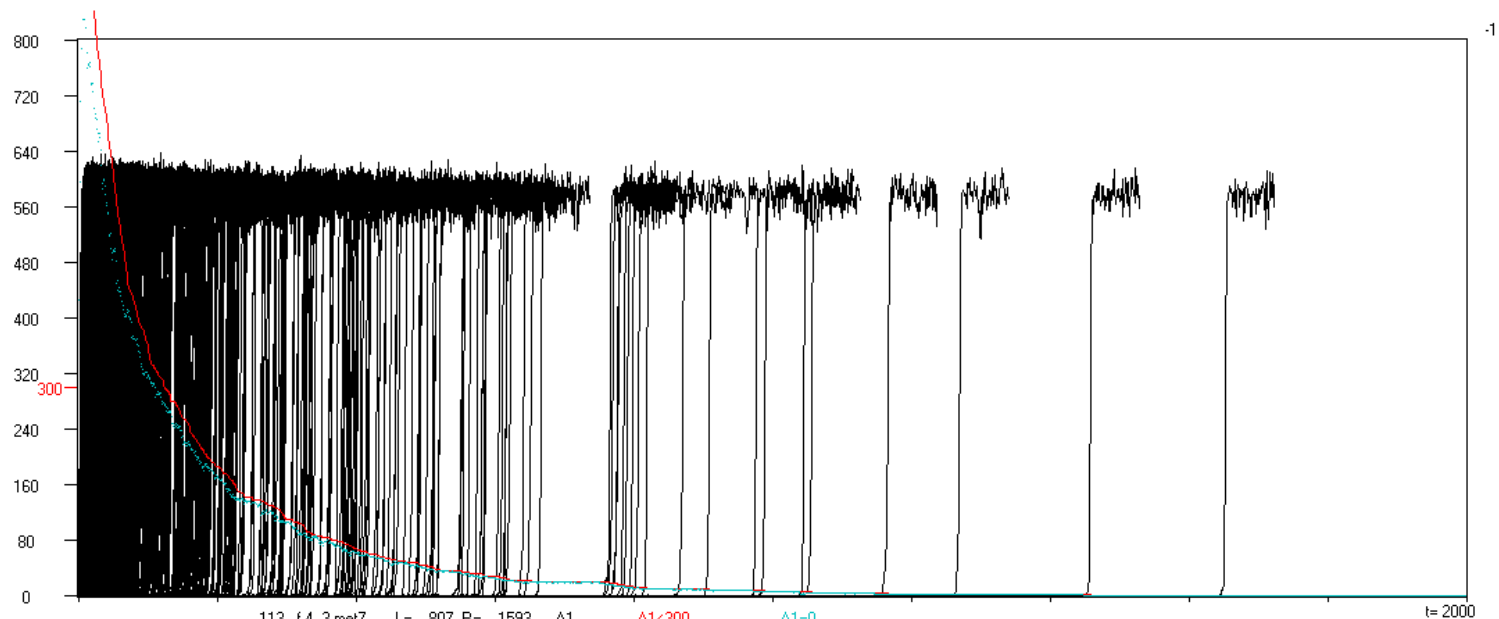
2
84 152 647
12 80 100
14 12 20
1 3 6
1 1 1
1 1 1
1 1 2
1 1 2
1 2 4
1 2 7
1 2 3 9
1 4 9

(c) - Częstość przebiegu bardzo uporządkowanego. Tu poziom $L=1124$ należy do najwyższych. Zaznaczony niebieskimi punktami poziom wygasania układu się w wyraźne paski poziome. Bywają, nawet często, przebiegi z poziomymi liniami wygasania. Do wykresu krokodyla wstawiono tabelkę obrazującą kolejne iteracje walki z nieaktywnymi ro-modułami. W efekcie jeden nieaktywny udało się uaktywnić. Atraktor globalny jest tu iloczynem liczb pierwszych z których składają się atraktory lokalne $84=2*2*3*7$ gdzie jedna z dwójek jest wspólna dla obu aktywnych. Z lewej na dole przed N wskazującym formułę jest liczba z której startuje generator liczb losowych przed budową tego agregatu (sieci).

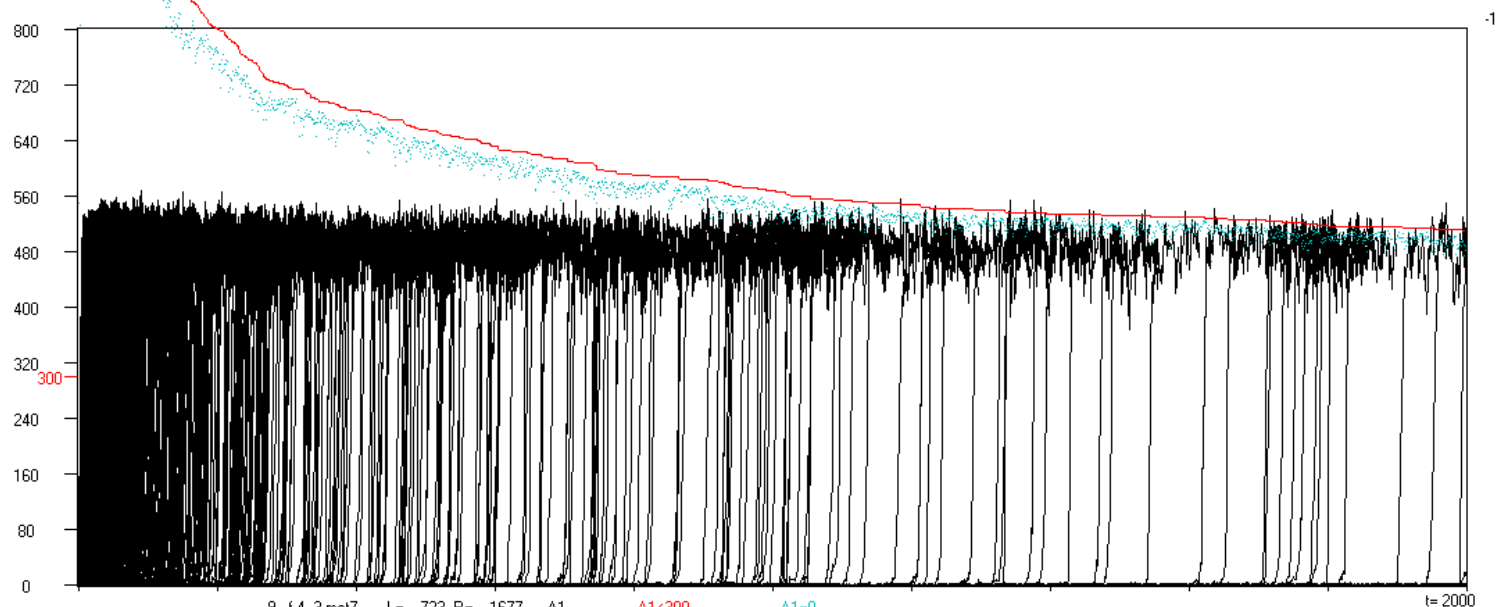


2
-1 -1 627
-1 -1 100
1 4 9
1 4 9
1 1 1
1 4 7
1 10 37
3 5 4
1 3 5
1 1 2
1 2 2
1 2 6

(d) - Jeden z 2 aktywnych ro-modułów ma atraktor większy od $tmx=2000$ i nie został znaleziony. Przebieg wygląda w zakresie tmx jak chaotyczny, jednak od chaotycznych (e,f) odróżnia go niski poziom wygasłych. Na wysokości 30 do 70 widać wyraźny pasek poziomu Derridy w ro-module o liczebności 100 i wielkim atraktorze. W pasku tym może być więc około 300 inicjacji z tego ro-modułu, ale $L=635$. Wiele z tych inicjacji dotyczy nodów ścianki, na co wskazuje kolor, ale zwykle są one późniejsze, co powoduje, że kolor fioletowy przeważa. Cienki pasek poniżej zawiera także wiele inicjacji z małych ro-modułów początkowo nieaktywnych. To one tworzą niebieskie punkty wygasania, (ich liczba waha się w zakresie 160-280) gdyż nie widać powrotów z wyższego paska do 0.

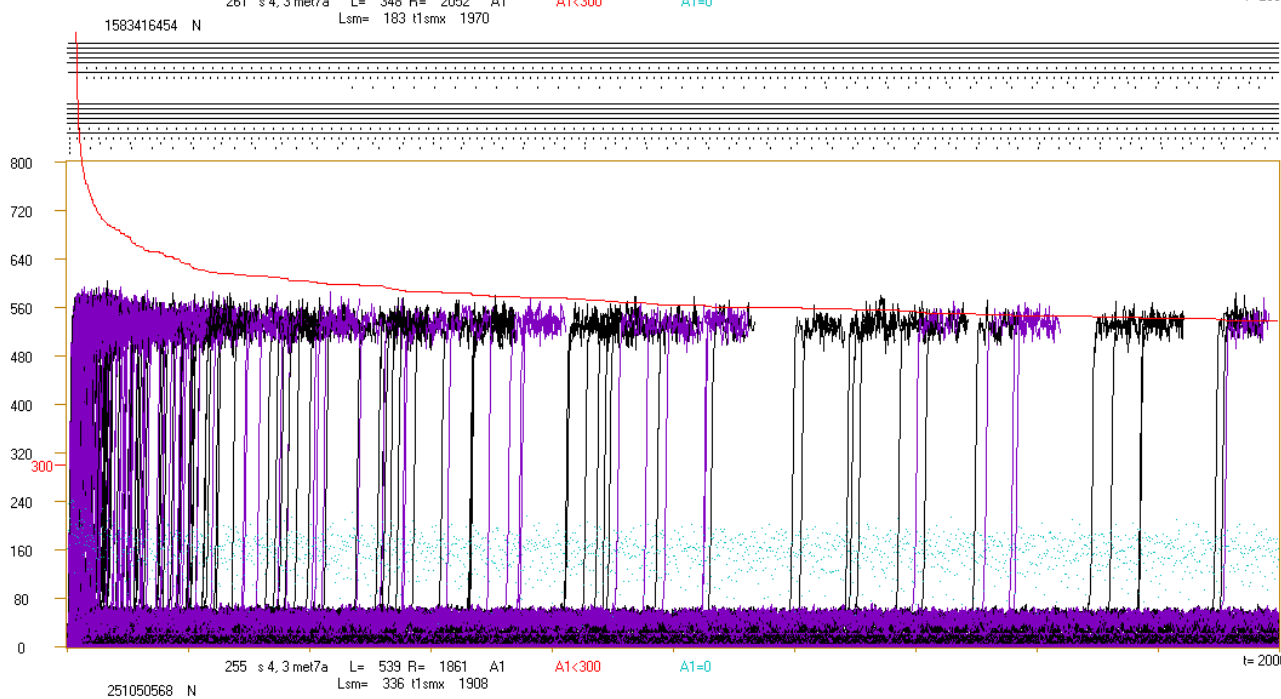
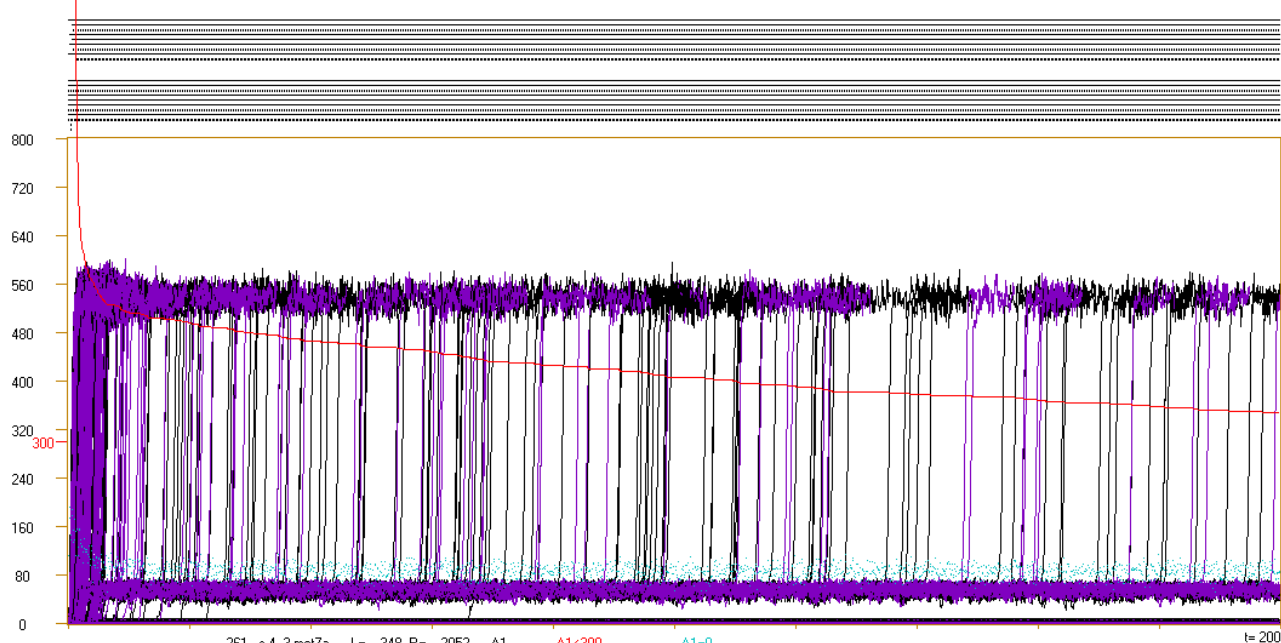


-1996577679 T



361322961 T

(e) - Przebiegi chaotyczne na przykładzie formuły T (przesunięcie funkcji na inne nody) dla sieci f. Tu $LT=0$, ale typowo dla f sięga kilku lub kilkunastu, dla s i r rzadko przekracza 4. W sieci f zdarza się jednak często dla formuły T, że poziom L jest szczególnie wysoki, jak to widać na skrajnym przypadku poniżej (f) gdzie $LT=511$. Mimo podobieństwa do (d) mechanizm jest inny i tu nie należy spodziewać się utrzymania tego poziomu, gdyby przedłużyć tmx. Jak widać, typowo dla przebiegów chaotycznych, poziom wygasania jest tu niemal równy poziomowi L. Na 300 badanych sieci w met7a poziom $L=250$ w formule T przekroczyło 5 przypadków, patrz opis rys.3d.



(g,h) - Niby-chaotyczne przebiegi, występujące głównie w sieci s.

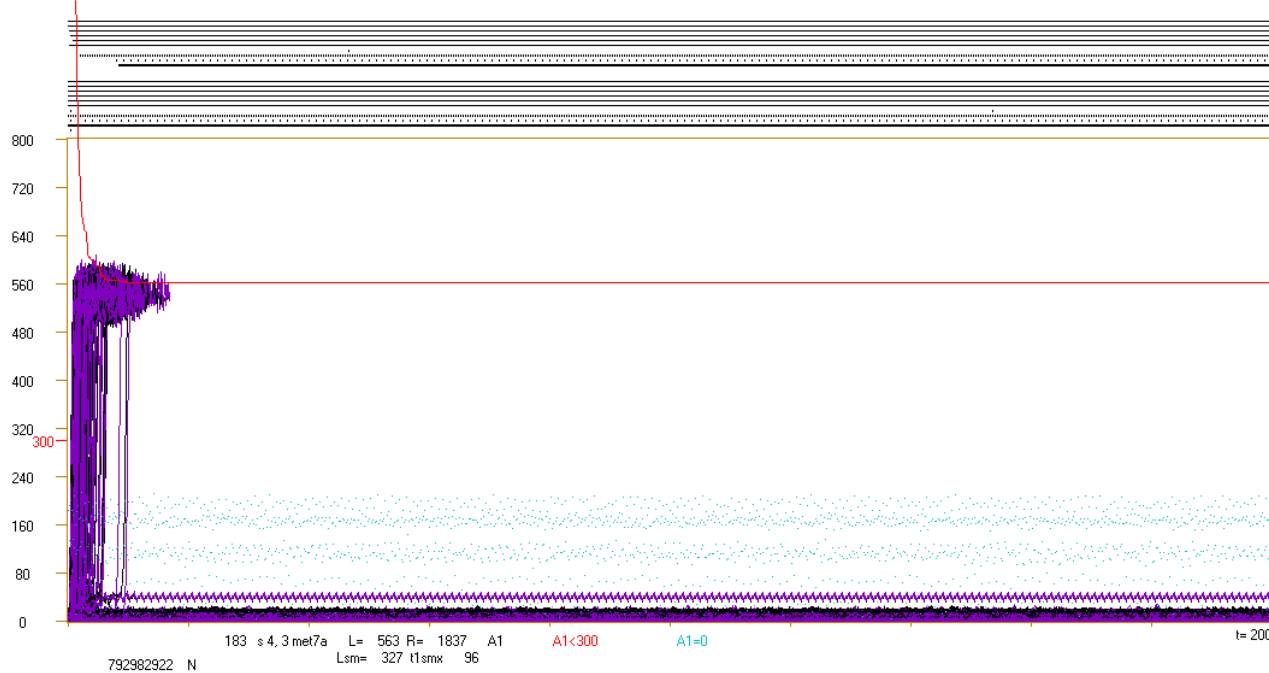
(g) - Oczekiwany efekt wielkiego atraktora lokalnego. Tu można spodziewać się, że po przedłużeniu tmx powyżej długości atraktora lokalnego eksplozje do chaosu ustaną, jednak poziom L już tu niski będzie jeszcze niższy.

Podobnie do (d) eksplozje do chaosu wychodzą z paska poziomu Derridy chaotycznej równowagi w ro-module. Niski poziom wygasania odróżnia ten obraz od typowego przebiegu chaotycznego.

(h) - Tu jednak nie ma dużego atraktora lokalnego, a obraz jest zbliżony do (g). Zauważmy, że minimalny atraktór globalny $=17*25*16*3=20400$, co ma znaczenie dla damage w lodzie.

Pod paskiem poziomu Derridy dla ro-modułów nie widać tu prześwietu, prawdopodobnie z powodu liczebności $=83$ jednego z ro-modułów. Takie 'nietypowe' przebiegi z późnymi eksplozjami do chaosu aż do tmx, zdarzają się rzadko, głównie w sieci s. Jak widać, badane związki i mechanizmy mają charakter statystyczny i bardzo złożony.

Niemal do każdego wskazanego mechanizmu daje się znaleźć przypadki, które jakby mu przeczyły, ale jednak statystyczny efekt okazuje się wyraźny.

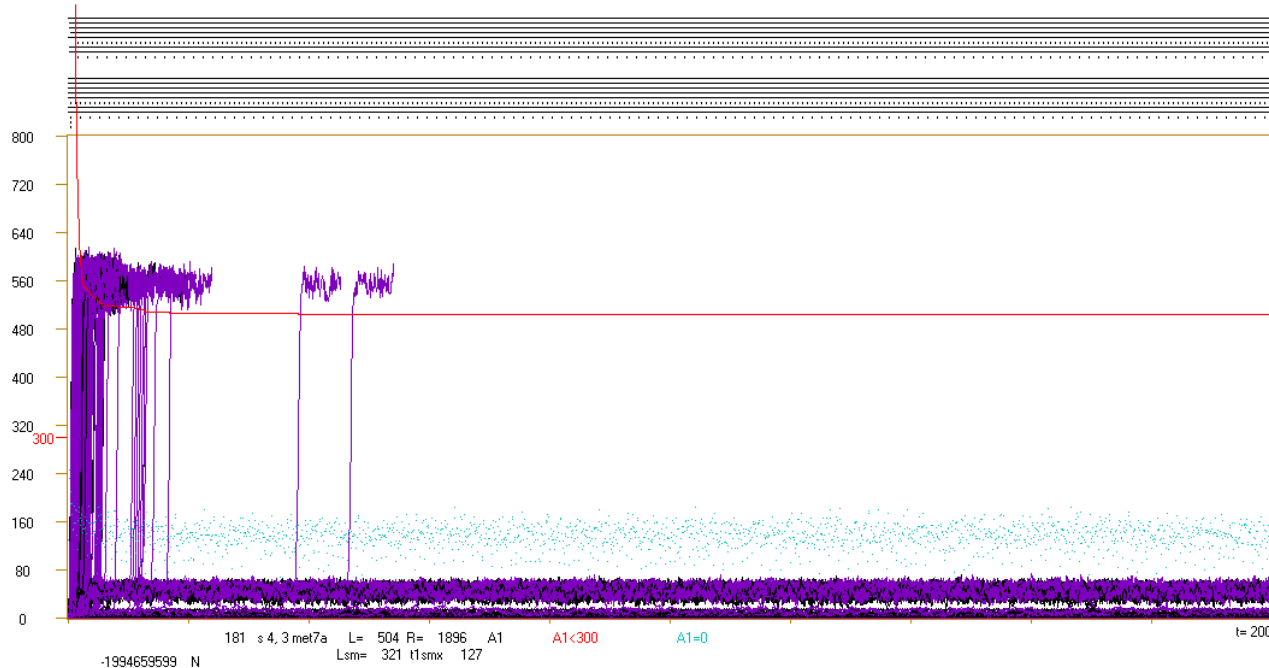


```

4
-1 -1 462
2 84 100
12 80 100
4 20 62
1533 467 43
1 2 3
1 8 16
1 4 10
1 2 2
1 0 1
1 0 1
    
```

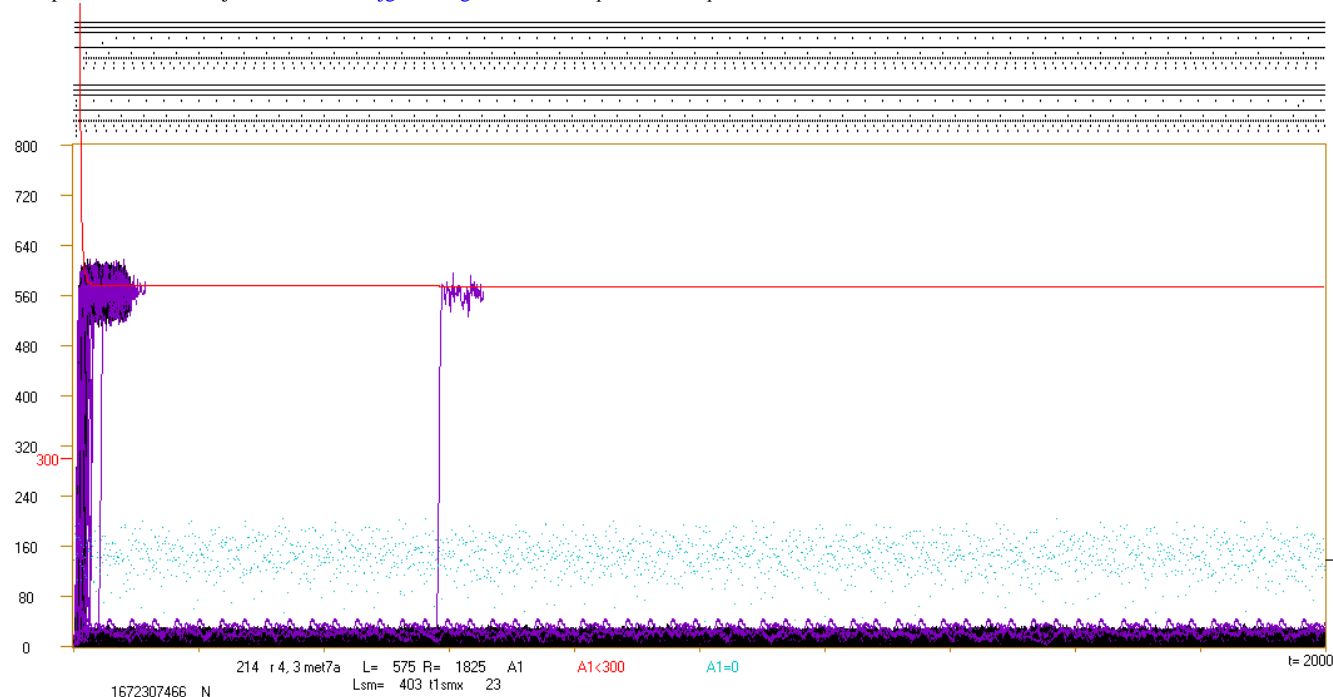
(i,j) - Wpływ wielkości atraktora lokalnego może być znikomy, głównie w sieci r, ale te przykłady są z sieci s. W (i) mimo atraktora lokalnego o długości 1533 i minimalnego atraktora globalnego >6000 najpóźniejsza eksplozja inicjowana w ro-module wystąpiła w $t_{1smx}=96$.

Poniżej, w (j) z jednym atraktorem lokalnym większym od $t_{mx}(-1)$ najpóźniejsza eksplozja inicjowana w ro-module wystąpiła w $t_{1smx}=127$, a widoczne eksplozje późniejsze o $t < 500$ dotyczą inicjacji w lodowych ściankach.

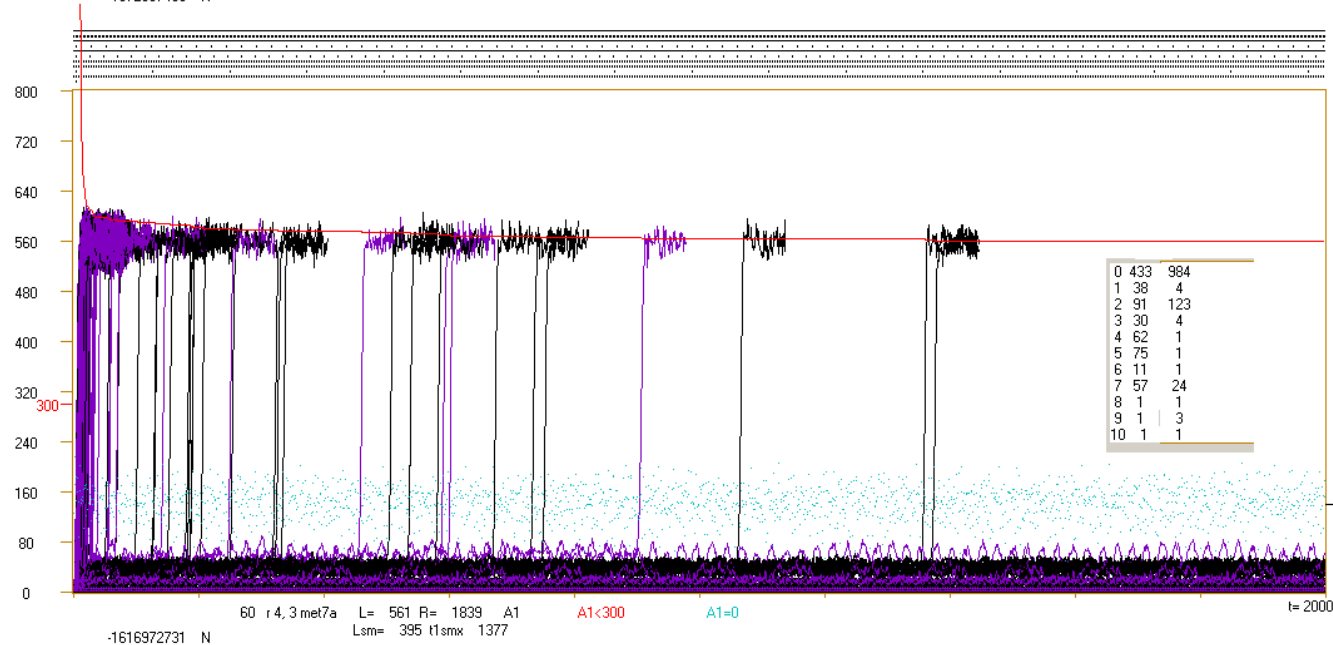


```

3
-1 -1 520
-1 -1 100
16 16 53
1 3 3
1 3 5
8 16 100
1 1 2
1 4 8
1 2 4
1 3 4
1 1 1
    
```



6		
-1	-1	443
16	16	64
15	20	33
4	16	34
36	20	91
1	2	3
1953	47	85
28	68	34
1	2	4
1	3	4
1	3	5



0	433	984
1	38	4
2	91	123
3	30	4
4	62	1
5	75	1
6	11	1
7	57	24
8	1	1
9	1	3
10	1	1

7		
-1	-1	433
4	20	38
123	770	91
4	8	30
4	20	62
22	20	75
1	5	11
24	32	57
1	1	1
3	2	1
1	1	1

(k,l) - Przykłady z sieci r. Nie są to typowe przebiegi dla r, gdzie prawie zawsze mają one postać jak (c) lub (i), albo (k) bez eksplozji w pobliżu 600.

Z boku zaznaczony jest minimalny poziom $L= '3k0'$ wynikający z obecności w sieci r nodów bez wyjść ($k=0$).

Przykład (k) pokazuje największy atraktor lokalny, jaki wystąpił w met7a dla sieci r.

Mimo to, przebieg jest bardzo uporządkowany. Świadczy to o zasadniczych różnicach w zachowaniu się różnych typów sieci.

(l) - Należy do przebiegów wyjątkowych dla sieci r. Mimo, że nie ma tu dużego atraktora lokalnego i jest wiele (7) aktywnych ro-modułów (dla sieci r to dość częste, dla s i f raczej rzadkie), to eksplozje do chaosu pojawiają się późno, i są one zwykle wynikiem inicjacji w ro-module, tak jak ostatnia z $t1smx=1377$.

Dodatkowo w tym przypadku była jedynie jedna iteracja uaktywniania ro-modułów, co zdarzyło się jedynie raz. W sieci r bywają przypadki mniejszej liczby iteracji niż 9.

7.4 Badanie ewolucji – kumulacji zmian (akceptowanych z dodatkowymi warunkami) – met7e

7.4.1 Pik lewy i dobór parametrów

Symulację ewolucji w met7 (met7e) wykonano dla sieci f,s,r, o parametrach $N=400$, $tmx=1000$, zmienionych wzgl. wersji met7a,b opisanych w rozdz.7.3 z $N=800$ i $tmx=2000$, w celu ułatwienia porównań z met5 i 6 i zmniejszenia czasu symulacji. Tak jak w met5 44 '4+7' ro i met6 po wstępnym passie N (bez kumulacji w met6 i 7), liczone było 20 passów M, z których 5 (1,7,13,19 i 20) były „free”, tj. bez kontroli cofania zmian, przez co z pełną statystyką inicjacji. Reguły passów M były dokładnie takie, jak w met5c 44 '4+7'. Jak wcześniej wspomniano, w pierw (po met7b) wykonano serię met7eb, gdzie zmieniono też dopasowując do mniejszego tmx maksymalne przesunięcie do początku najpóźniej zaczynającego się atraktora lokalnego z 500 do 150. Zanim przystąpiono do podstawowych serii wynikowych z 400 skutecznymi agr, wykonano szereg symulacji rozpoznawczych w celu dopasowania parametrów i oceny wpływu takiego wyboru. Pod koniec badań met7b okazało się, że wymuszanie tax jest w zasadzie zbędne, co spowodowało powstanie modelu a. Parametry ważniejszych z tych symulacji pokazuje [tab.2](#).

Dla wstępnej symulacji (1) 30 agr f,s,r pozostawiono jeszcze bez zmian wymóg by atraktor glob >200 a lokalny ≤ 100 i maksymalna wielkość ro-modułu ≤ 100 . Przeglądając najważniejsze wyniki zwrócił uwagę kształt piku lewego, który na wykresie liniowym dla sieci f i s ([rys.9e](#)) przypominał wyniki met6, a nie jak oczekiwano – met5. Zmieniono więc także na: atraktor glob >40 (zadania tego ograniczenia do 200 zostały już wykorzystane w rozdz.7.3) i maksymalna wielkość ro-modułu ≤ 40 , oraz kolejne tax z [10,6,4,2,1, 10,6,4,2,1], na [6,10,4,2,1, 6,4,10,12,6], by zwiększyć szansę atraktora lok $=7$ i dodać 13, gdyż większość M20 kończyła się na atraktorze 11, co tłumaczyło podobieństwo do met6. Te zmiany (2) dały wyraźne zbliżenie kształtu piku lewego na wykresie liniowym (w zakresie $A=0 - 3$) do oczekiwanego dla s i nieznaczne dla f. Przeprowadzono dalej próbę (3) ze zmianą wymagania z minimum 3 aktywnych ro-modułów na 4, ale ta zmiana dała znikomą poprawę dla s i podobnie znikomo popsła f, więc z niej zrezygnowano, gdyż wyraźnie wydłużała czas symulacji.

Kształt piku lewego dla sieci r od początku, a po próbie (2) także dla s, był już zadawalający, tj. podobny do uzyskanego w met5c, jednak dla f nadal był znacznie odmienny od met5. Dalej poszukiwano więc poprawy dla sieci f. Ustalając, zmiana którego parametru odpowiada za poprawę, zmniejszono w pierw maksymalną wielkość ro-modułu do 25 (4) reorganizując badanie wpływu liczby aktywnych i dozwalając także 2 aktywne ro-moduły. Następnie zmieniono tabelę tax preferując jeszcze mniejsze atraktory lokalne [1,2,4,6,10, 4,6,2,1,6], ale przywracając maks. wielkość ro-modułu $=40$ (5), po czym powrócono do 25 pozostając przy tej samej tabeli tax. Ten ostatni wariant okazał się najlepszy i dla niego wykonano główną symulację dla 400 agr skutecznym. Powtarzając symulacje o tych samych parametrach, ale innym ciągu liczb pseudolosowych okazało się, że wyniki np. q mają znaczny rozrzut, co pokazano w [tabeli 2](#). Najsilniejszą zmianą okazał się wybór tabeli tax. Jest to mało uchwytne parametry o wielu aspektach, bardzo grubo przybliżający realną sytuację w met5. Możliwe, że bardziej poprawne i bardziej złożone modelowanie w tym aspekcie może dać wyniki dla sieci f bardziej zbliżone do met5cf. Badając ten aspekt stwierdzono, że wymuszenie tax nie jest tak konieczne, jak przypuszczano i model a bez tego wymuszenia, jako prostszy, powinien być głównym. Powrócono więc do modelu bez ewolucji i zbadano taki model jako met7a, a następnie w modelu z ewolucją wykonano symulację met7ea bez ograniczeń, której głównymi wynikami są fe,se,re. Następnie dla porównania z wynikami z modelu b z ewolucją (w zakresie sieci f) w pierw zabroniono tylko jednego aktywnego (seria fe2), później pozostawiono wszystkie ograniczenia z modelu b jedynie nie stosując wymuszenia tax (seria ff).

Wyniki – kształt piku lewego przedstawia głównie [rys.9e](#), a także [rys.9c,e,f,g](#). Wykres w skali log ([rys.9f](#)), pokazujący nachylenie dla większych A, wyraźnie przypomina oczekiwaną zależność dla modelu met5 c 44 ro 4+7, a nie dla met6. Porównanie piku lewego dla passów free ([rys.9g](#)), i wyrównany poziom q na [rys.9h](#) uzasadniają sumowanie wyników w zakresie M7 do M20. Pass M1 ma zwykle lekko inną postać. Dalsze badania, szczególnie obraz ustalania się poziomu lodu ([rys.11, 12](#)) potwierdza ten wniosek – w passie M7 ewolucja osiąga praktycznie już swój stabilny stan, choć spora część przypadków sieci f powoli przechodzi na mechanizm z met6. Różnice piku lewego w różnych passach M przedstawiono na [rys.9g](#) dla sieci s oraz f w obu modelach a i b. Obraz ten dla sieci s i r w obu modelach jest praktycznie identyczny.

Cały rozkład $P(A)$, także z wyłączeniem M1, pokazuje [rys.9a](#) dla pomiaru A3 w punkcie tmx . W porównaniu z A1 jest on dokładniejszy. Uzyskany podział inicjacji na uporządkowane (w tym wyniku z $k=0$ dla sieci r) i chaotyczne pokazuje [rys.9b](#), jak zwykle wklejony w [rys.9a](#). W głównych doświadczeniach wyniki dla sieci s i r wyjątkowo są bardzo zbliżone, co widać na [rys.9](#). Dla symulacji o parametrach (1) były wyraźnie inne, a w liczeniu 30 agr o parametrach jak seria główna nie pokrywały się aż tak.

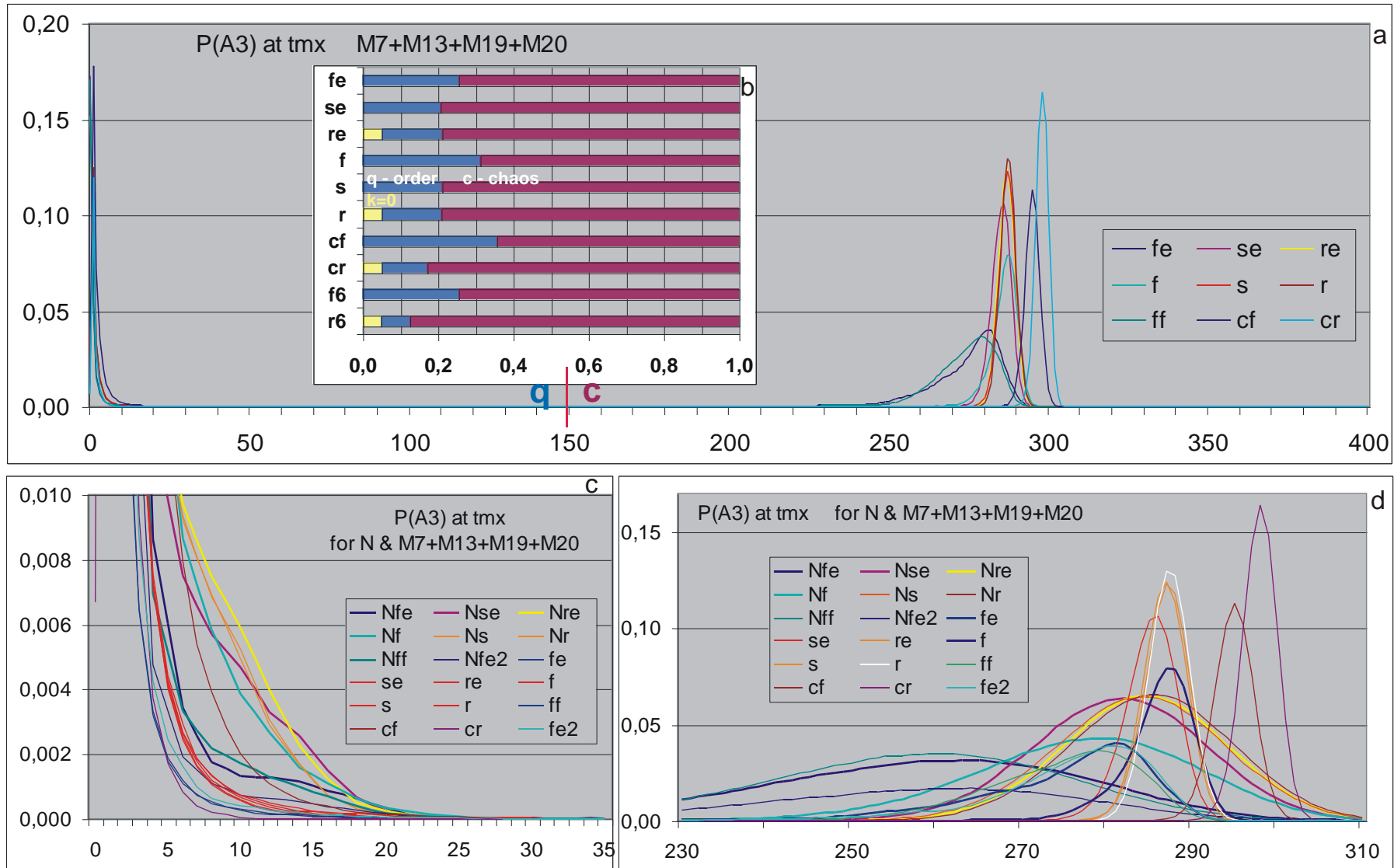
Na [rys.9d](#) należy zauważyć, że pik prawy dla met5c leży wyraźnie nieco wyżej dla obu sieci f i r, co także (kształt piku lewego dla f – [rys.9c,e](#)) sugeruje pewną odmienną mechanizmów. W prawym piku dla fe,f i ff pojawiają się na lewym rozciągniętym stoku dodatkowe garby, lepiej widoczne w skali log (patrz [Naaj](#)). Ogólnie jednak, te odmienności są znikome w porównaniu z obrazem dla sieci losowych i spokojnie można twierdzić, że wygenerowany stan ro-modularności w met7 jest zbliżony do uzyskanego w met5.

Różnice z met5 w obrazie piku lewego dla f w kierunku wyników met6 sugerują udział mechanizmów met6, tu zwanych mech2, co dalej zostanie potwierdzone w dość szerokich badaniach.

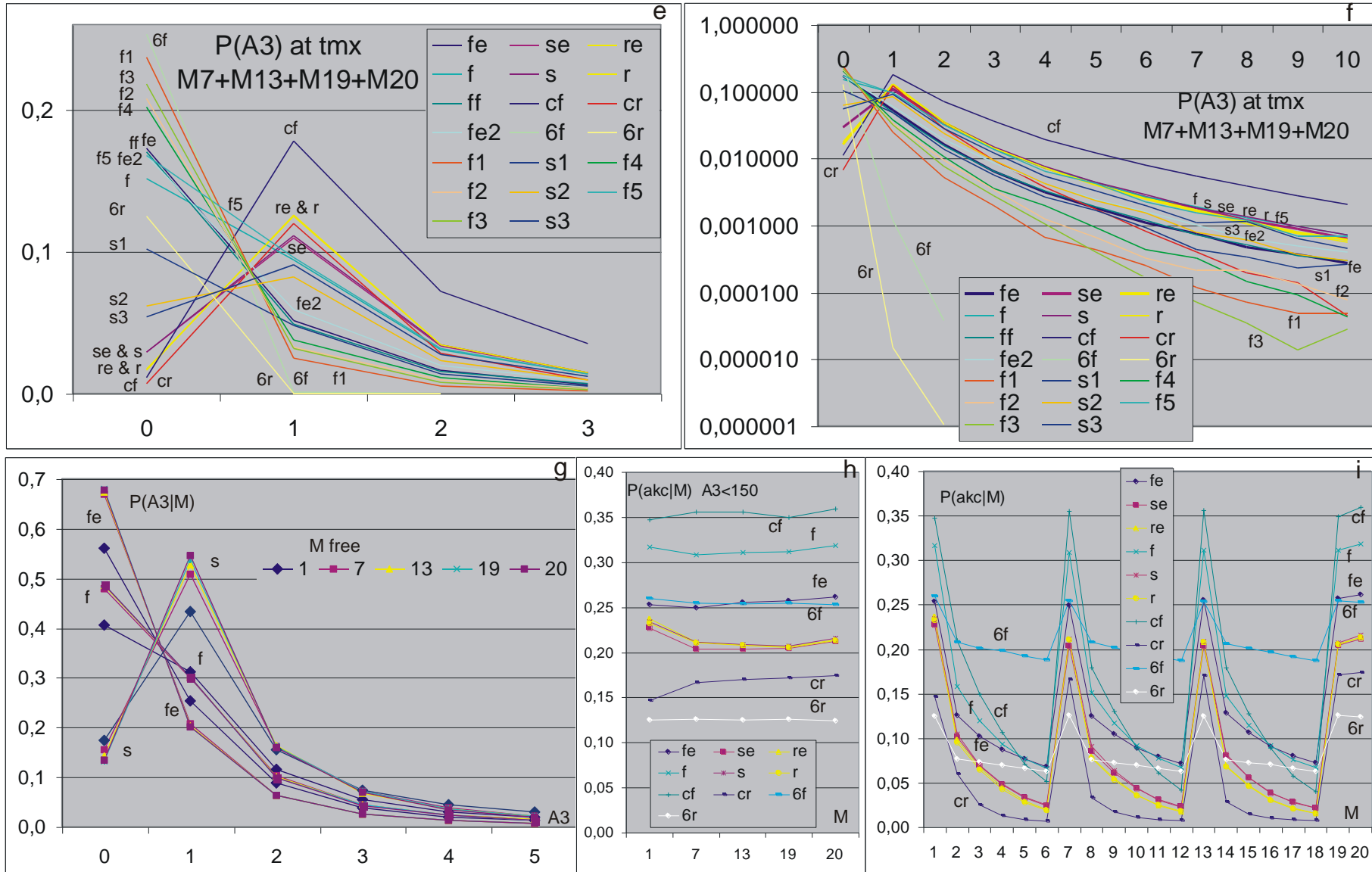
Podobieństwo do met5 przebiegu ewolucji w passach nie free widoczne na **rys.9i** jest wyraźne, istotnie większe niż dla met6 (**m6.rys.1b**), choć tu także zaznaczają się odstępstwa od met5cf w kierunku met6 f.

Tab.2. Parametry symulacji omawianych w doświadczeniach met7ea i met7eb oraz porównanie ich do met7a,b, met6 i met5c. Dla kompletu: $tmx=1000$; $N=400$, $próg=150$. W tablicy tax podano jedynie pierwsze 10 wartości, gdyż one były zmieniane, druga 10-tka, używana coraz dalej w kolejnych iteracjach poprawiających liczbę aktywnych to: 6,4,2,1,10, 12,16,18,22,28. Parametrem określającym dokładność pomiaru jest liczba zadanych skutecznych agr (calc.aggr.), tj. takich, które spełniają warunki liczenia (w met7e dochodzą do M20). Ponieważ nie wszystkie wygenerowane spełniają te warunki to jest ich więcej – następne kolumny. Dalej wskazany jest opis stosowany na rysunkach oraz uzyskana wartość q w tych symulacjach. Jak widać na przykładzie serii głównej (400 agr) i innych prób dla 30 agr, wartości q różnią się mimo tych samych parametrów, co wskazuje na dokładność takiego pomiaru. Uporządkowanie (q) dla f największe było w met5 ale dla r największe jest w met7, świadczy to o nieco innych mechanizmach (patrz też **rys.9b,h**). Wyraźnie mniejsze wartości daje met6 (**rys.9b**), ale tu odmienność mechanizmów jest znana. Model a tylko bez ewolucji dla sieci s i r wykazuje nieco większe wartości q. Po ewolucji s i r dają praktycznie identyczne wyniki w obu modelach i pozostaje różnica dla sieci f. Jak widać z porównania fe2 i ff model a od b z ewolucją różnią 3 czynniki: minimalna liczba aktywnych (przejście z 1 na 2 zwiększa q), pozostały zbiór ograniczeń (cofający q z powrotem) i główna różnica, jedyna pomiędzy ff i f – brak tax w ff (model b okazuje się „lepszy”, tj. dający większe q). Dla wygody, modele met7a i b bez ewolucji wyróżniono kolorem.

met	calc. nets	generated			description			q			act \geq	tax	generated ro-module			glob. attr. >	
		f	r	s	f	r	s	f	r	s			N \leq	loc.attr \leq	shift \leq	N	M
7a	600	602	600	612	fa	ra	sa	0,273	0,230	0,204	1	no tax	100	no limit	1	no pass M	
7ea	400	459	408	414	fe	re	se	0,256	0,210	0,206	2		25		150	40	7,M20
	210	344			fe2			0,268				100	500	200		no pass M	
	400	1570			ff			0,251					100	150	40	7,M20	
7b	600	4387	1179	1420	fb	rb	sb	0,279	0,228	0,198	3	10,6,4,2,1, 10,6,4,2,1		100	150		40
7eb	30	889	76	168	f1		s1	0,270	0,220	0,176	3	6,10,4,2,1, 6,4,10,12,6	40	40		7,M20	
		313		67	f2		s2	0,257		0,188			2		25		
		1295		227	f3		s3	0,262		0,199	40	40					
		102			f4			0,258				1,2,4,6,10, 4,6,2,1,6		25			
		1011			f5			0,329			3		25				
	400	10768	625	852	f	r	s	0,313	0,210	0,211		4	25	40	7,M20		
	30	770	40	59	fi2			0,301	0,209	0,212	3					40	7,M20
		1021			fu2			0,322				4	25	7,M20			
1572				fi3			0,329			4	25				7,M20		
1318				fu3			0,330									4	25
6129				fi4			0,337			4	25	7,M20					
4477			fu4			0,326			4				25	7,M20			
5c ro	100	165	434		cf	cr		0,355		0,171					no tax	do not concern	4
6	200	200	200		6f	6r		0,254	0,125			20	20				



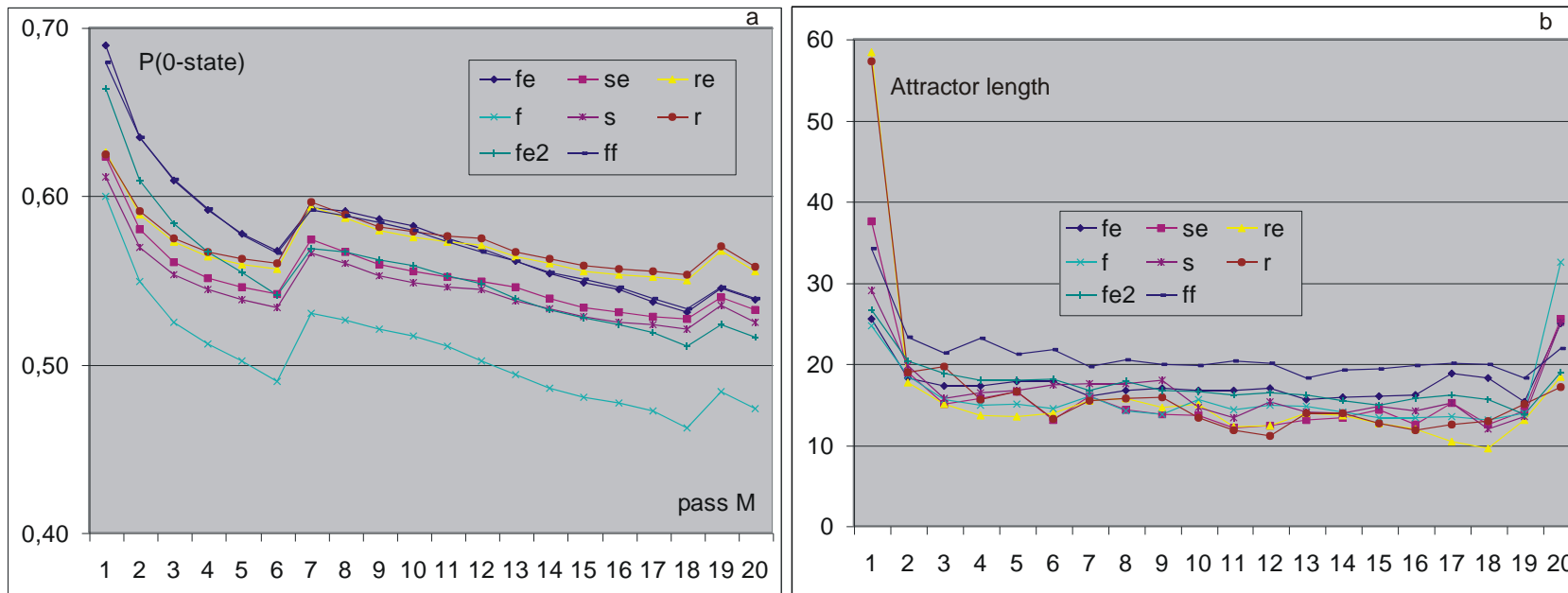
Rys.9. Podstawowe wyniki z met7e wykazujące utrzymanie podczas ewolucji (kumulacji zmian akceptowalnych nie PAS, M1-19 atraktor glob. ≥ 7 , M20 atraktor glob. nie maleje) stanu istotnie podwyższonej stabilności wygenerowanego poprzez kontrolowane zbudowanie ro-modularności. Zależności (a-f) są wynikiem sumy wyników z passów free M7 do M20. Uzasadniają to rys.9g,h, pokazujące, że jedynie pass M1 jest nieco odmienny. Na (g) passy free M7-20 pokrywają się tak dokładnie, że oprócz $A_3=1$ dla s widać jedynie ostatni M20 przykrywający wcześniejsze. O ile przesunięcie piku prawego (a,c) nie budzi niepokoju o podstawowy mechanizm ro-modularności, to wyraźna odmienność piku lewego dla f (e) względem kształtu w met5cf jest niepokojąca (por. m5.rys.3). Ta odmienność jest wynikiem domieszki mechanizmów typu met6 dla sieci f, czego w początkowym zakresie ($A_3=0$ do 3 na (e)) najbardziej istotnym liczbowo, prawie nie widać dla sieci s i całkiem nie widać dla sieci r. Na (c), w zakresie $A_3=5$ do 20, widać



natomiast dla N złożone efekty obserwowane wcześniej na rys.2a left w met7a. W okolicy wartości 0.001 wszystkie N (oprócz Nfe2) leżą po prawej od cf a wyniki ewolucji po lewej. Świadczy to o zmianie stanu sieci podczas ewolucji, czyli o niestabilności wygenerowanego stanu. Podstawowa cecha piku lewego, która istotna jest dla interpretacji związanej z życiem, to ogon widoczny na (f), który jest „zadowalający” i radykalnie inny niż w met6. Uzyskane q (stopień uporządkowania) jest zbliżone do met5 i wyższe niż w met6 (h,i). Na (h,i) pokazane jest P(akceptacji|M), czyli q, dla passów free i dla wszystkich. Podobieństwo do met5 jest wyraźne (por. m5.rys.4; m6.rys.1.a,b), choć na (i) przebieg dla sieci f, szczególnie fe, pod względem kształtu nieco dryfuje w kierunku obrazu dla met6. Duża liczba porównywanych wyników

stwarza problemy z czytelnością, dla prawie identycznych przebiegów przyporządkowano więc jednakowe kolory, a na (e-i) dodatkowo opisano rysunki, do dokładnej analizy proponuje się je istotnie powiększyć.

(e) niesie szczególnie dużo informacji, które brane były pod uwagę podczas wybierania parametrów modelu eb. Widać tam m.in., że postać fe, niemal identyczna z ff i zbliżona do fe2 daleka jest od uzyskanej w modelu eb postaci f i f5. Tu chodziło o wartość w punkcie $A3=1$ i $i=2$ kosztem wartości w punkcie $A3=0$, by zbliżyć kształt do cf.



Rys.10. (a) Prawdopodobieństwo stanu 0 w toku ewolucji (na odcinku $100 < t < 900$ z trajektorii po ostatnim ini w danym passie, a nie z funkcji), jako wskaźnik zaawansowania procesu ewolucji. Podobnie jak w met5 na [m5.rys.6b](#) parametr obrazuje stopień odejścia od początkowego stanu specyficznego. W met5 było to PAS0 charakteryzujący się wszystkimi stanami $=0$, w met7 stany 0 przypisane są nodom ścianek, ale jest to znakomita większość nodów. Należy podkreślić, że chodzi o stany używane a nie potencjalnie możliwe na podstawie statystyk funkcji. Jak widać, udział stanów 0 zmniejsza się systematycznie mimo utrzymywania się podwyższonej stabilności. Podobnie do met5, poziom ten mimo stabilizacji obrazu od M7 ([rys.11-13](#)) utrzymuje się na wyraźnie podniesionym poziomie i daleko mu do wartości oczekiwanej $= 0.25$ dla systemu losowego. W met6 nie było początkowej deformacji udziałów różnych wartości stanów i taki pomiar był niemożliwy. Nie był także wykonany dla passu N, także w modelach met7a i b, ale początkowe wychylenie generowane jest przed passem N i nie wpłynęło ono na pojawienie się stabilnego chaosu w eksperymentach X,S,T i F met7a,b. (b) Średnia długość atraktora globalnego. O ile w met5 (por. [m5.rys.5c,d](#)) startowano od małego atraktora i trzeba było pilnować, by nie był on za mały, to w met7 po wygenerowaniu ro-modułów w modelu b atraktor globalny był większy od 40 w przedstawionych tu seriach wynikowych, a w modelu a nie stosowano ograniczenia innego niż 'nie PAS', czyli był większy od 1. Tak jak w ostatecznej wersji met5 44 ro '4+7', w passach M1-19 atraktor globalny musiał być ≥ 7 , a w M20 nie mógł maleć.

7.4.2 Klastry ro – rozkład wielkości lodu i klastrów lokalnych, dodatkowy mechanizm zaburzający ‘mehc2’ zbliżony do met6

Badanie klastrów typu ro pozwoliło w met5 potwierdzić hipotezę ro-modularności. Doświadczenie met7e ma sprawdzić, czy kontrolowanie wygenerowany stan ro-modularności utrzymuje się podczas ewolucji podobnie jak w met5, czyli, czy uchwycone zostały wszystkie podstawowe jego własności. W tym celu przyjrano się klastrom ro w podobny sposób jak w met5 i met6. W met6 klastrów ro nie wykryto, nawet stwierdzono ich brak i brak lodu – podstawowego warunku tworzenia się ro-modularności.

Przypomnijmy: Klaster lokalny typu ro opisany w met5 rozdz.5.7, to zbiór nodów o tym samym okresie, w danym przypadku inicjacji uznanym za kumulowalny. Nie znalezienie okresu zaznaczano jako okres 999 i taki zbiór nodów także traktowano jako klaster lokalny. Algorytm wyznaczania okresu zmian stanu nodu jest złożony i optymalizowany, ważną rolę gra w nim atraktor globalny, jednak nie zawsze jest on znaleziony (nie mieści się w tmx). Wtedy pewność, że znaleziony okres jest poprawny wyraźnie spada, szczególnie dla okresów dłuższych od połowy tmx. W met5 większe atraktory globalne były rzadkością, ale w met7 okazały się dość częste (w met7ea spontanicznie, a w met7eb były wymuszane, patrz tab.2), co wymusiło drobne korekty algorytmu w takich przypadkach. Przyjęto teraz, że okresy <12 muszą powtarzać się przynajmniej na odcinku 90 kroków, a okresy wielkie, których całe powtórzenie nie mieści się w tmx, muszą powtarzać pierwszy obrót także na długości przynajmniej 90 kroków. Nadal jednak pewność takich decyzji była istotnie mniejsza i dawała nieco inny obraz, więc przypadek braku atraktora globalnego został wydzielony i traktowany inaczej. Należy zauważyć, że wyznaczenie atraktora globalnego (nawet bliskiego tmx=1000, a wyznaczany był do wartości 900) jest pewne, bo jest to powtórzenie stanów wszystkich 400 nodów na raz (z chwili tmx), natomiast stan jednego nodu ma jedynie 4 warianty, a sąsiednie nody nie muszą należeć do tego klastra lokalnego.

Podstawową wersję klastrów globalnych (tzn.: gdy atraktor globalny był znaleziony) budowano przez łączenie klastrów lokalnych: gdy nowy klaster lokalny miał z globalnym podobieństwo >1/2 to mógł być złączony z tym globalnym. Wśród takich kandydatów wybierano kl.glob. o największym podobieństwie, które obliczano jako liczbę wspólnych nodów + okres ze zbioru, podzielone przez liczbę nodów w klastrze lokalnym. Gdy kilka jednoczesnych klastrów lokalnych miało być dołączonych do tego samego klastra globalnego to deaktywowano go i rozdzielano, tj. te klastry lokalne tworzyły nowe klastry globalne. Taki przypadek oznaczany był na krokodylach przez dodanie do numeru passa wartości 5. Gdy atraktor globalny nie był znaleziony, to wykryte klastry lokalne tworzyły jeden wspólny, specyficzny klaster globalny, który nie ulegał deaktywacji i gromadził wszelkie późniejsze takie przypadki, oznaczany był przez dodanie wartości 30. Jest to dość złożony algorytm, jednak bardzo uproszczony w stosunku do badanego problemu. Jego zadaniem jest jedynie zgrubne rozpoznanie zjawiska.

Rozpocznijmy porównywanie od dyskusji otrzymanego obrazu rozkładów rozmiaru lodu i rozmiaru klastrów lokalnych (rys.11). Przedstawiono je jak na m5.rys.19a w postaci liczby zliczeń. Aby dostać prawdopodobieństwa dla passów, zliczenia należy podzielić przez liczbę uwzględnionych przypadków (kumulacji)– jest to liczba nieco różna dla konkretnego passu, wskazująca dla lodu liczbę nadających się do kumulacji wyników inicjacji (w N nie są one kumulowane, a w M są). Różnice te związane są głównie z prawdopodobieństwem akceptacji – rys.9h, ale nie jest to ta liczba. Dla rozmiaru klastrów liczby te są większe o czynnik wskazany na rys.13b, gdyż średnio klastrów jest więcej niż 1. Dla każdego typu sieci (f,s,r) oprócz pełnych rozkładów wielkości lodu i klastrów lokalnych, pokazano także dokładniej rozkład wielkości rzadziej występujących większych klastrów, gdyż dla sieci f rozkład ten wyraźnie odbiega od oczekiwanego. Dla sieci typu r tego odstępstwa nie ma, choć do radykalności wyników z met5 nawet dla cf mu daleko – w met5 cr ogony praktycznie kończą się na 17 i 380, cf na 40 i 350 a tu r na 80 i 300. Sieć s jest pośrednia (ogony kończą się na 140 i 220), ale można przyjąć, że daje obraz zgodny z wizją ro-modułów. Niestety, o sieci f trudno to twierdzić. Należy uznać, że dla sieci f oprócz ro-modułów wyraźnie występuje tu inny mechanizm, który stabilizuje się już w M7, czyli daleko przed końcem symulacji ewolucji. Większe klastry lokalne tworzą wyraźny systematyczny pik (rys.11 dla f na dole) o maksimum około 175, oddzielony od typowego dla ro-modularności spadku wyraźnym minimum około 70. W rozkładzie lodu także pojawia się osobne wzniesienie w zakresie 60-290. To odstępstwo od oczekiwań spowodowało dokładniejsze przyjrzenie się sieci f w tym aspekcie, co pokazuje rys.12.

Zanim do niego przejdziemy, należy zauważyć, że dla wszystkich trzech typów sieci rozkład na rys.11 dla passu N jest wyraźnie inny, dla M1 jest przejściowy, a pozostałe są podobne do siebie. Szczególnie wyraźnie widać to dla lodu. (W met5 na m5.rys.19.a można dostrzec podobną, ale odwrotną zależność, jednak w znikomym stopniu natężenia.) Świadczy to, że wygenerowany stan ro-modularności nie jest stabilny w wygenerowanej postaci i ewolucja prowadzi do innej jego postaci. Czyli nie wszystkie aspekty ro-modularności zostały rozpoznane i użyte do jego wygenerowania i należałoby poszukać dodatkowej reguły, by zadać stan stabilny, co miało być zadaniem met7. Dalej, w rozdz. 7.4.7 opisano próby wykrycia dodatkowych warunków likwidujących zauważone konkretne odstępstwo, ale wykryte kryteria okazały się mało skuteczne.

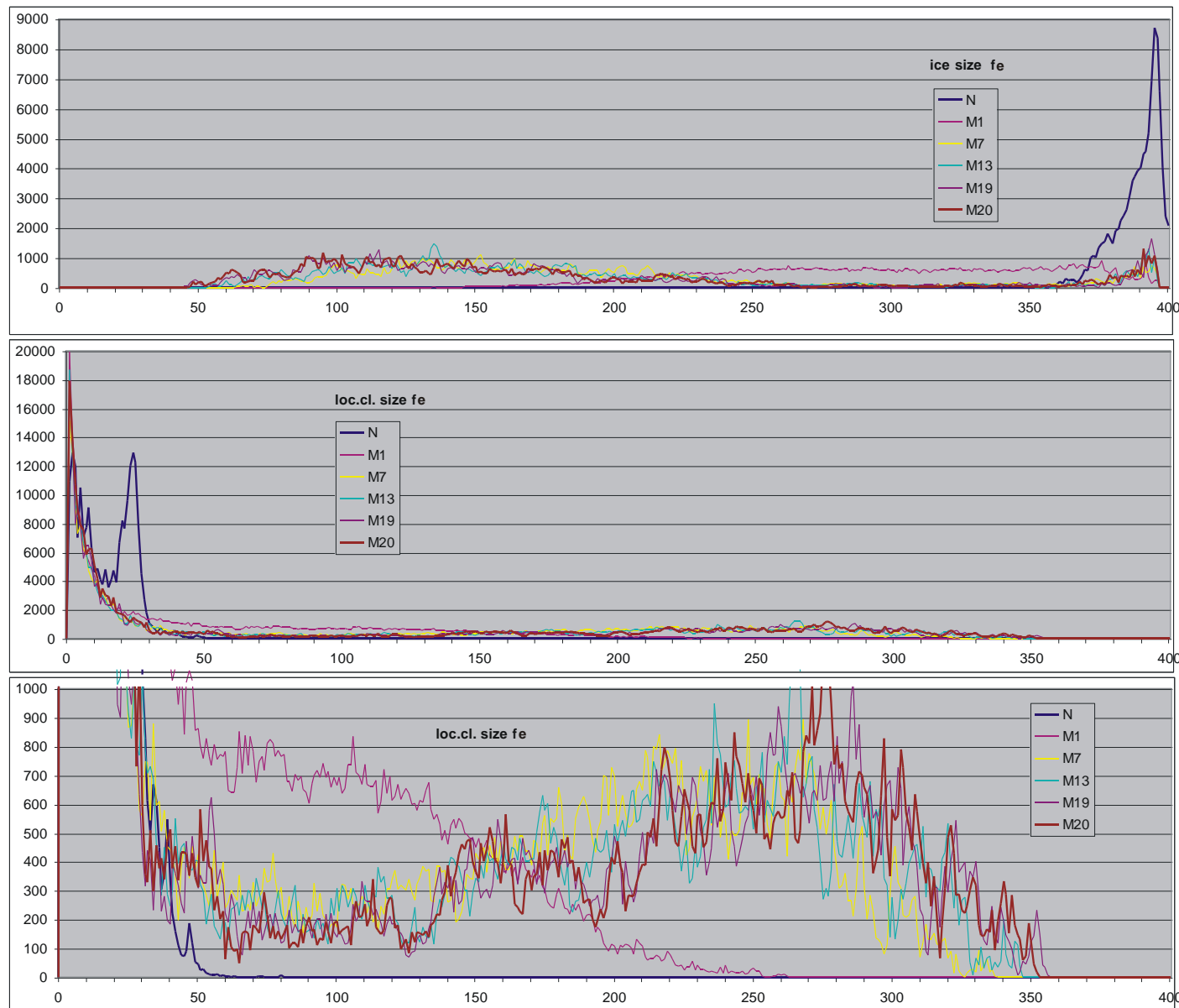
Na rys.12 przedstawiono przebiegi różnie uśrednionego stanu lodu dla kumulowalnych w zależności od passu free. Rys.12a pokazuje średni lód w pojedynczym agregacie we wszystkich 60 agregatach z serii fi2 i fu2. Rzuca się w oczy duża rozbieżność tych przebiegów, ale praktycznie wszystkie szybko i zdecydowanie ewoluują od zadanego stanu w N (gdzie nie ma jeszcze kumulacji) do względnie stabilnego stanu obecnego już w M7. Jest to więc wynik kumulacji podczas M1-6. Poza stwierdzeniem pełnej gamy

zakresu tych przebiegów trudno o głębszą analizę statystyczną w tej płataninie. **Rys.12b** pokazuje uśrednione przebiegi dla konkretnych symulacji. Wyjątkowo dodano tu dla porównania wyniki dla sieci s i r w obu modelach – w ich przypadku lód nie tylko nie maleje, ale nawet początkowo rośnie. (Podobny wzrost lodu obserwuje się na **m5.rys.19b** dla modelu b.) Po prawej dokładniej przedstawiono wyniki dla sieci f na końcu ewolucji. Ogólnie w met7 dla sieci f lód jednak powoli topnieje w zakresie M7-20 i mechanizm ro-modularności powoli zastępowany jest przez mechanizm obserwowany w met6. Jak widać na **rys.12a,c,f**, część przypadków sieci f jednak utrzymuje ro-modularność bez strat. Symulacje o parametrach serii głównej (f) wykonane dla 400 agr, w tym aspekcie sumowane jedynie do 300, są powtórzone 2 razy dla 30 agr skutecznych z innym ciągiem losowym (co rozróżnia litera i oraz u (od ii)) i dla różnych zadanych minimalnych liczb ro-modułów aktywnych (cyfra na końcu symbolu, patrz **tab.2**). Ponieważ dany agr jest specyficzny, średnia na **rys.12b** nie jest średnią ze wszystkich kumulacji, a średnią ze średnich dla agregatu. O ile przebiegi dla f i fu2 są niemal identyczne, to fi2 jest znacząco inny mimo tych samych parametrów. Podobnie, choć znacznie mniej, różnią się fi3 i fu3 oraz fi4 i fu4. Dla wygody porównań dla jednakowych parametrów użyto jednakowych kolorów. Rozrzut dla różnych zadanych minimalnych liczb ro-modułów aktywnych okazuje się tylko nieco mniejszy od rozdzielczości doświadczenia przy 30 agr. Symulacje f4 i f5 różniące się tabelą tax (f4), lub maksymalną wielkością ro-modułu (40 zamiast 25 dla f5), są wyraźnie wysunięte z głównego zagęszczenia, jednak fi2 ma to wysunięcie podobnie duże. Dla f zwiększenie próby – liczby agr do 400 także mogło wydawać się nie dostateczne dla głębszych badań, gdyż skrajne przebiegi na obrazowaniu jak na **rys.12a** są zbyt jakościowo inne, a zakres wydaje się równomiernie obsadzony. Zbadano więc własności tego rozmycia. Aby pogrupować przebiegi w zbioru podobnych, wybrano jako **kryterium przedział wartość lodu w M20**. Na **rys.12c,d,e** pokazano przebiegi dla około 300 agr dla sieci fe, se, re z podziałem na zakres wartości wielkości lodu w M20 (uśrednione po przypadkach agr w ramach zakresu). Liczbę przypadków w danym zakresie podano przy opisie koloru zakresu. **Rys.12f** pokazuje udziały przypadków w zakresach dla różnych symulacji. Tu uwzględniono dodatkowe symulacje, powiedzmy – próbne, tak, że fe ma 900 agr skutecznych, a f - 689. Okazuje się, zgodnie z **rys.11**, że **rozkład udziałów jest systematycznie nierównomierny z wyraźnym minimum w przedziale 349-250. Maksimum w dolnych zakresach jest wynikiem dodatkowego, mechanizmu “psującego” obraz oczekiwany z mechanizmu ro-modularności dla sieci typu f. Nazwijmy go skrótowo „mech2”**. Sieci typu s i r (**rys.12b,d,e,f**) same nie wskazują na obecność mech2 (brak rozdzielającego minimum na **rys.12f**), ale porównanie **rys.11** z wynikami dla met5 cf i cr (**m5.rys.19a**) sugeruje jego obecność, jednak w znacznie mniejszym stopniu niż dla sieci f. Tak więc **analiza rozkładu wielkości lodu i klastrów lokalnych wyraźnie wskazała na obecność poza oczekiwanym mechanizmem ro-modularności, także dodatkowego, innego mechanizmu zaburzającego oczekiwany obraz (nazwanego tu mech2)**.

Kierunek odstępstwa obserwowanego na **rys.9e** w kształcie lewego piku **sugeruje podobieństwo mech2 do mechanizmu z met6** trzymającego mały atraktor globalny. Byłaby to utrata mnogości ro-modułów na rzecz pojedynczego, który rozlewa się na resztę agregatu topiąc lód. Taki obraz wynika także z **rys.11, 12 i 15b. Jednak liczba klastrów lokalnych na kumulację (rys.13b) i liczba klastrów globalnych w końcowych passach free (rys.13c) nie wskazuje na takie uzasadnienie odstępstwa od obrazu w met5**. Ich odpowiednik (**m5.rys.19b**) jest w tym aspekcie zbliżony. Na **rys.14a,b** taki obraz (zmiany w kierunku met6) jest dobrze potwierdzony w M20 dla sieci se i s, w których mech2 jest słabo widoczny, łatwo się z nim zgodzić w przypadku fe, gdzie mech2 występuje najsilniej, ale dla f z nieco słabszym mech2 niż w fe już maksimum jest dla 2 klastrów a nie dla jednego. Podejmując taką hipotezę należałoby też oczekiwać, że zwiększenie wymagania minimalnej liczby aktywnych ro-modułów z 2 do 3 a nawet 4 wyraźnie zmniejszy udział mech2, jednak jak widać na **rys.12f, 21a i tab.5a** parametr ten nie miał wyraźnego znaczenia. Nie było to dziwne, gdyż w met5c średnia liczba klastrów lokalnych na kumulację dla f wynosi 1.6, a dla r 1.8. W met7e są to wartości podobne, a nawet wyższe: r ma około 1.7, a f 2.3 (**rys.13b**). Dozwolenie jednego ro-modułu aktywnego jak w fe, se zmniejsza średnie upodabniając je do met5c, ale nie wycina przypadków, które manifestują obecność mech2, a nawet zwiększa ich częstość.

Największe znaczenie w upodabnianiu do met5 ma tu tabela tax, ale badanie zależności od rozkładu wymuszanych długości atraktorów lokalnych, ich korelacji z innymi parametrami, jak np. wielkość ro-modułu, wymaga istotnej rozbudowy algorytmu i zostało odłożone.

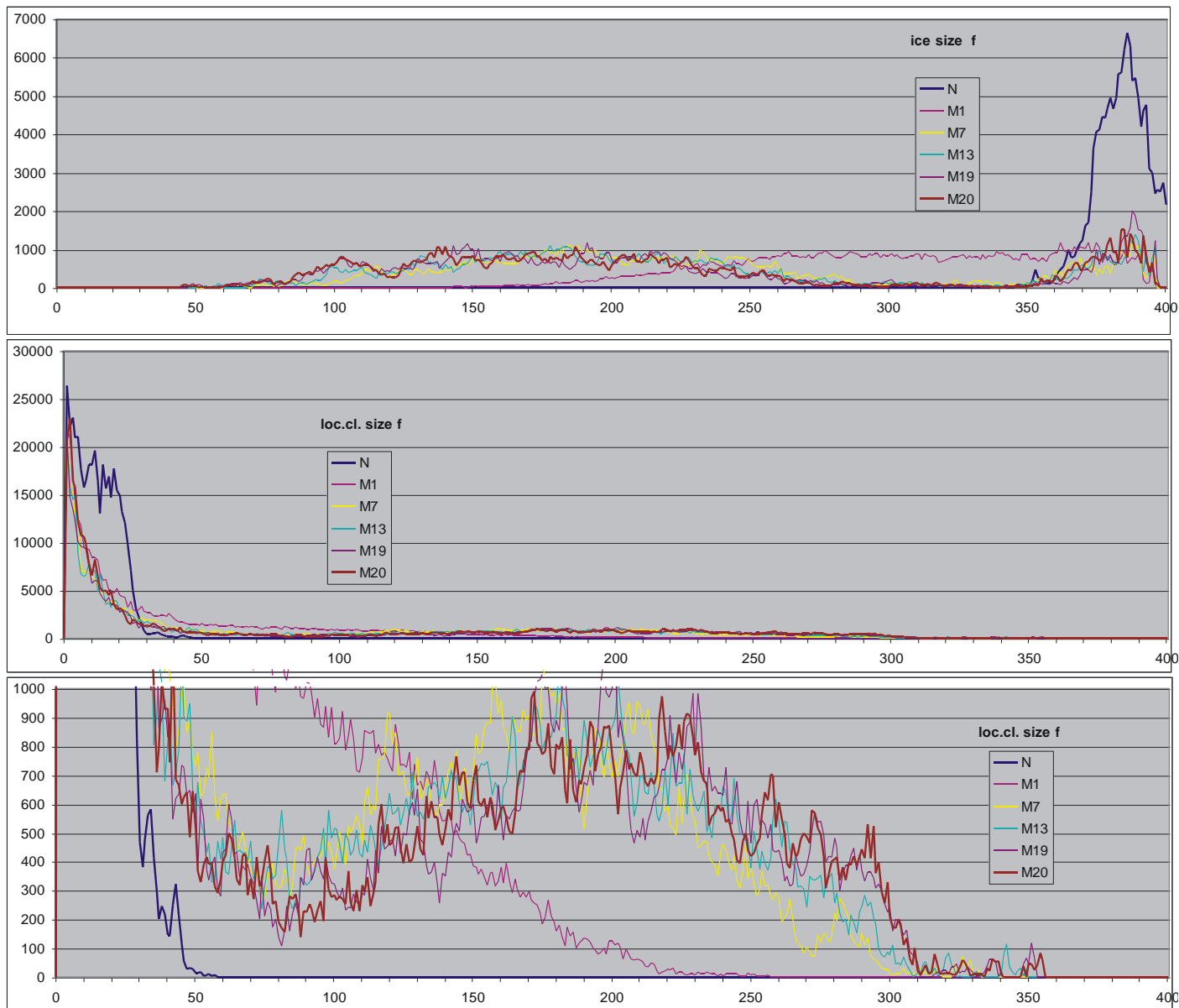
Wynika z tego, że rzeczywiście **w obrazie warunków tworzących ro-modularność pominięty jest jakiś istotny parametr**, który w met5c jest we “właściwym” zakresie, a w wygenerowanych stanach ro-modularności w met7 bywa już poza “poprawnym” zakresem, szczególnie dla sieci f. Na razie nie potrafiliśmy wskazać, jaki to parametr.

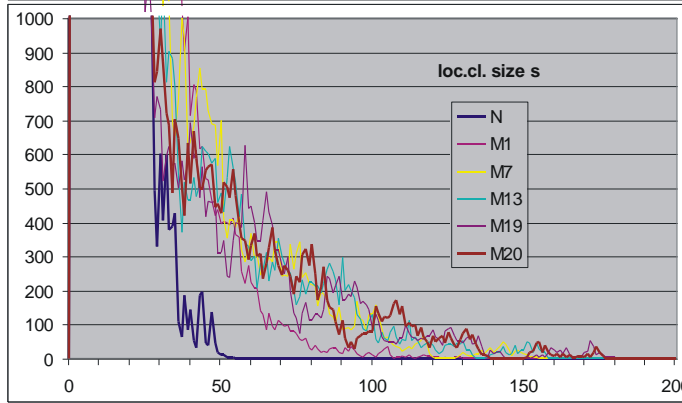
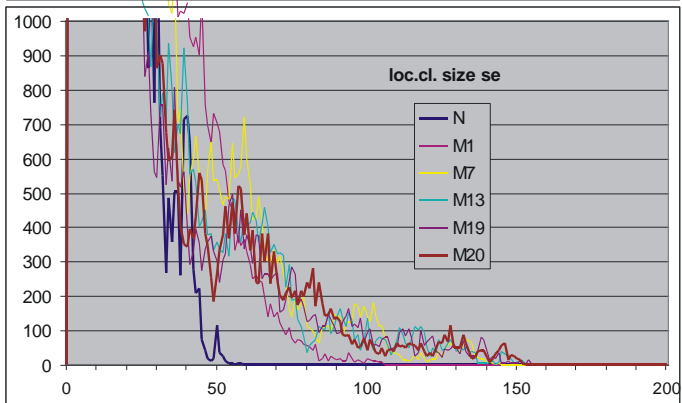
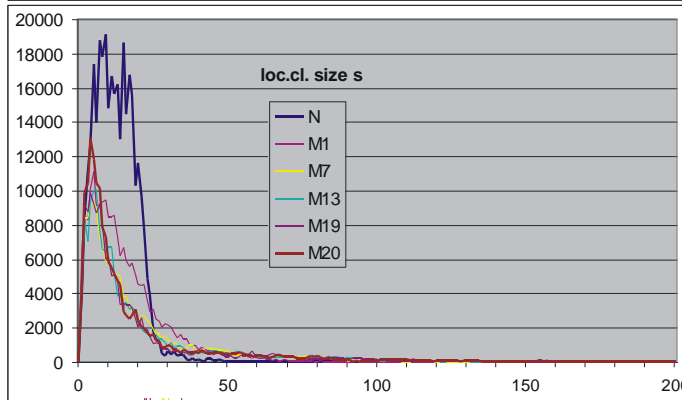
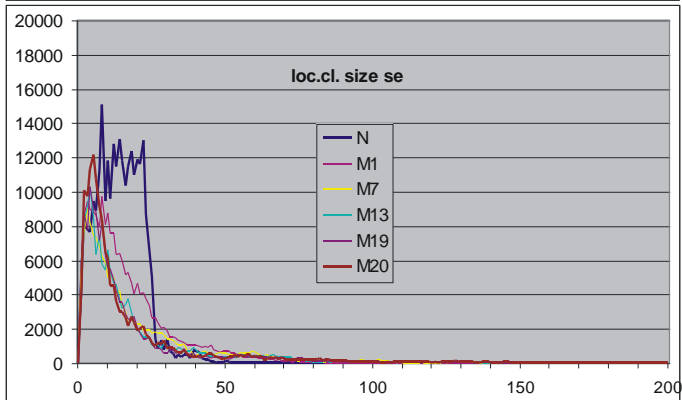
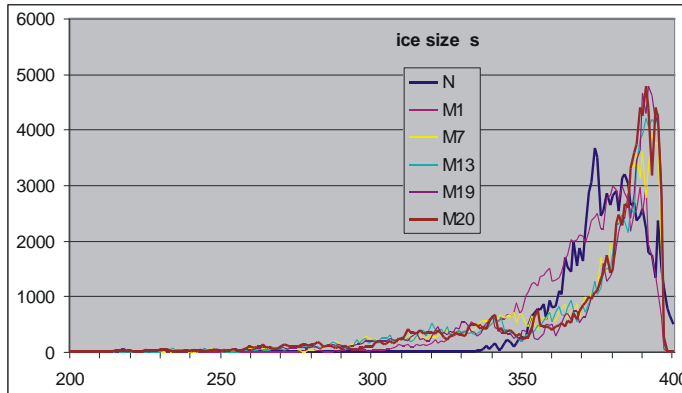
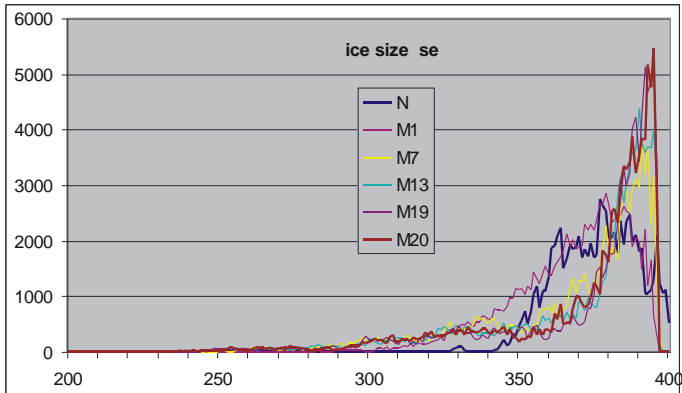


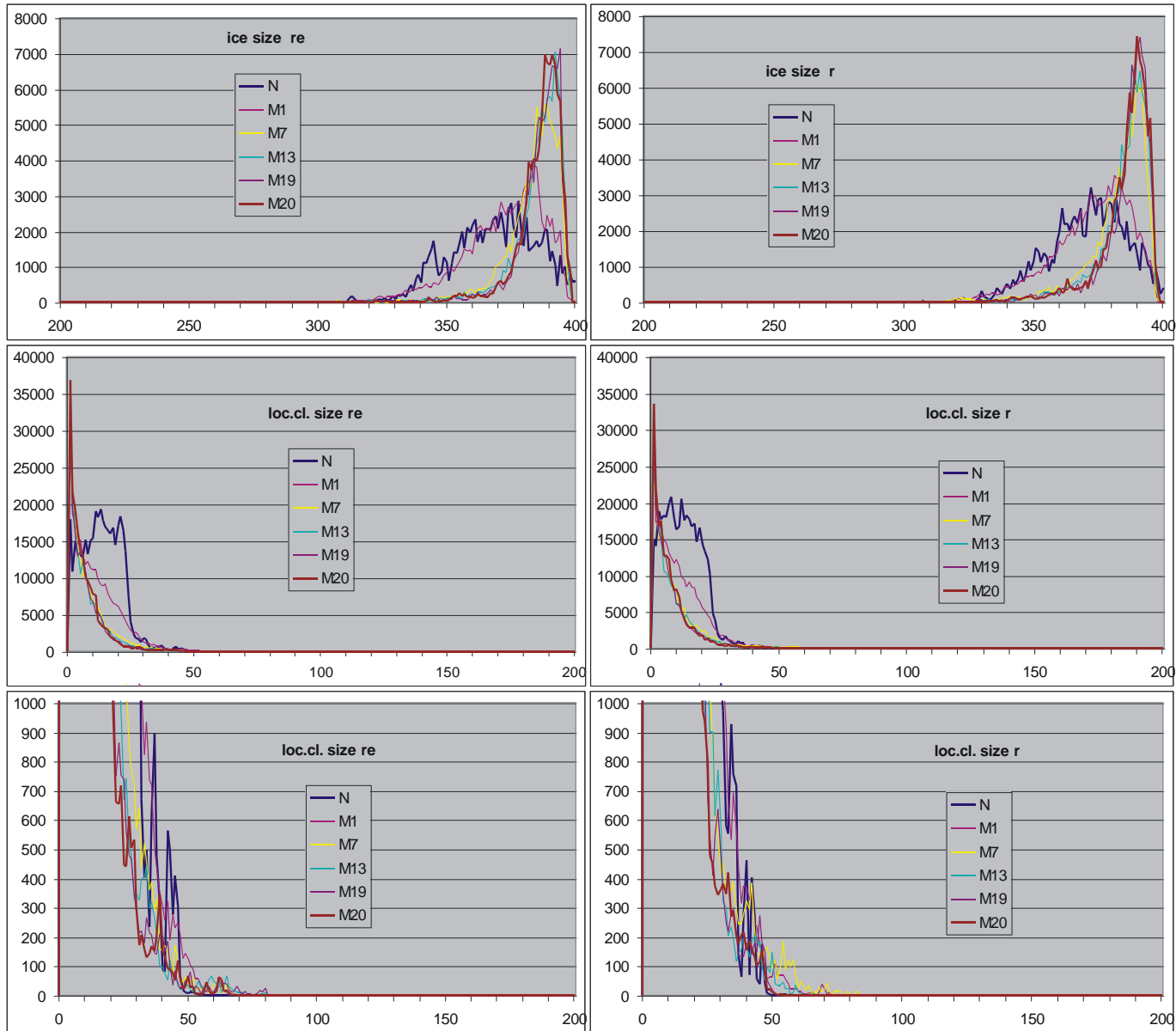
Rys.11. Rozkłady rozmiaru lodu i rozmiaru klastrow lokalnych w postaci liczby zliczeń (jak w met5 na m5.rys.19a), dla przypadków kumulowalnych (w N brak kumulacji, w M są one kumulowane).

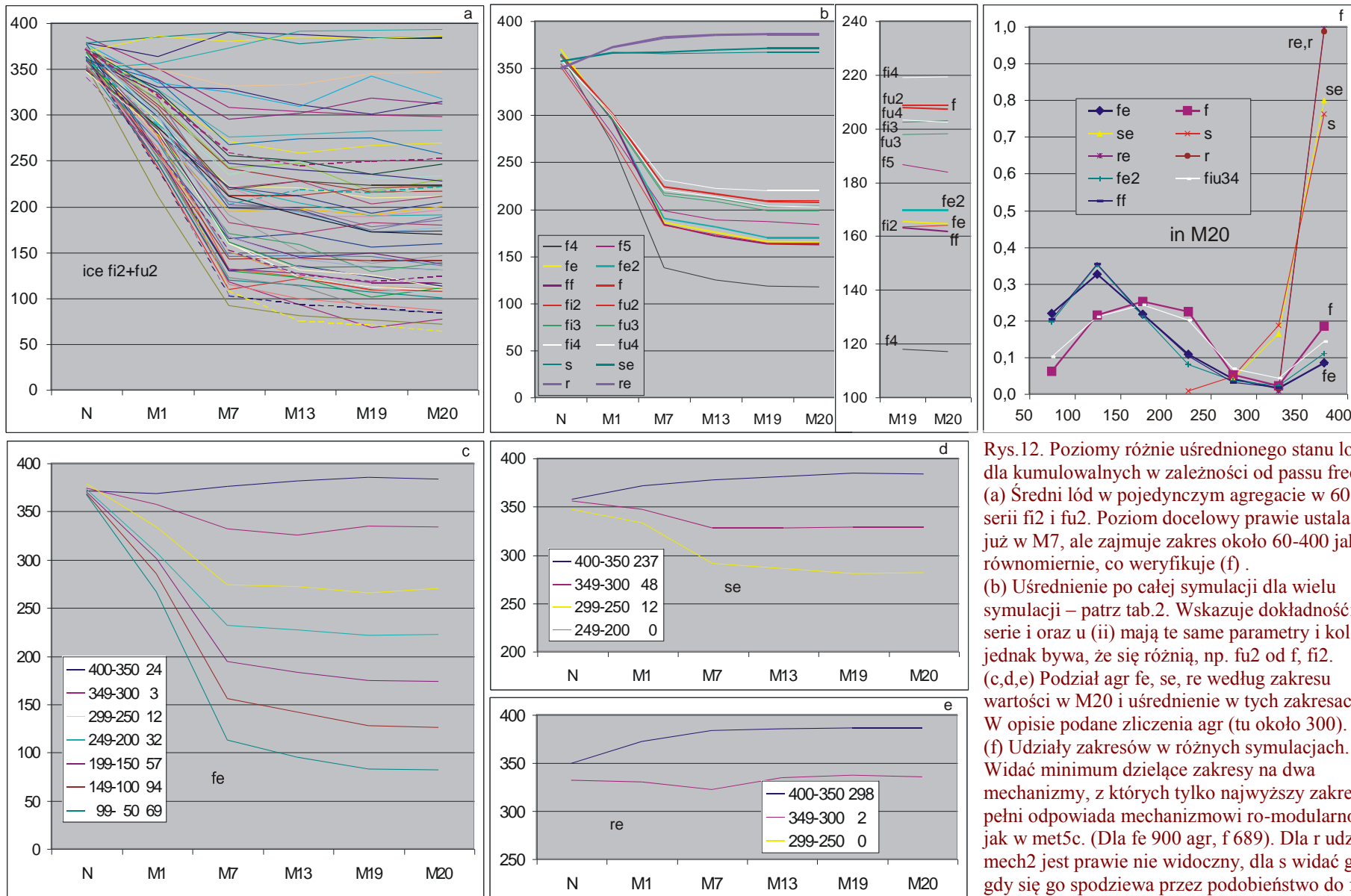
Dla każdego typu sieci z f,s,r pokazane są pełne rozkłady dla rozmiaru lodu i klastrow lokalnych, oraz dokładniej rozkład wielkości rzadziej występujących większych klastrow, gdyż dla sieci f rozkład ten wyraźnie odbiega od oczekiwanego. Występuje tu dodatkowe maksimum oddzielone od typowego spadku wyraźnym minimum świadczące o obecności dodatkowego mechanizmu zaburzającego (mech2). Dla sieci typu r oraz s tego odstępstwa nie widać (brak minimum i drugiego piku), jednak w met5 ogony cr praktycznie kończą się na 17 i 380, (cf na 40 i 350), a tu r - na 80 i 300, s - na 140 i 220. Świadczy to o odmienności mechanizmu (obecności mechanizmu zaburzającego mech2).

Dla wszystkich trzech typów sieci rozkład na dla passu N jest wyraźnie inny, M1 jest przejściowy, a pozostałe passy są podobne do siebie. Szczególnie wyraźnie widać to dla lodu. Świadczy to, że wygenerowany stan ro-modularności nie jest stabilny w postaci wygenerowanej i ewolucja prowadzi do innej postaci stabilnej dodając mech2, nie widoczny w met5c.

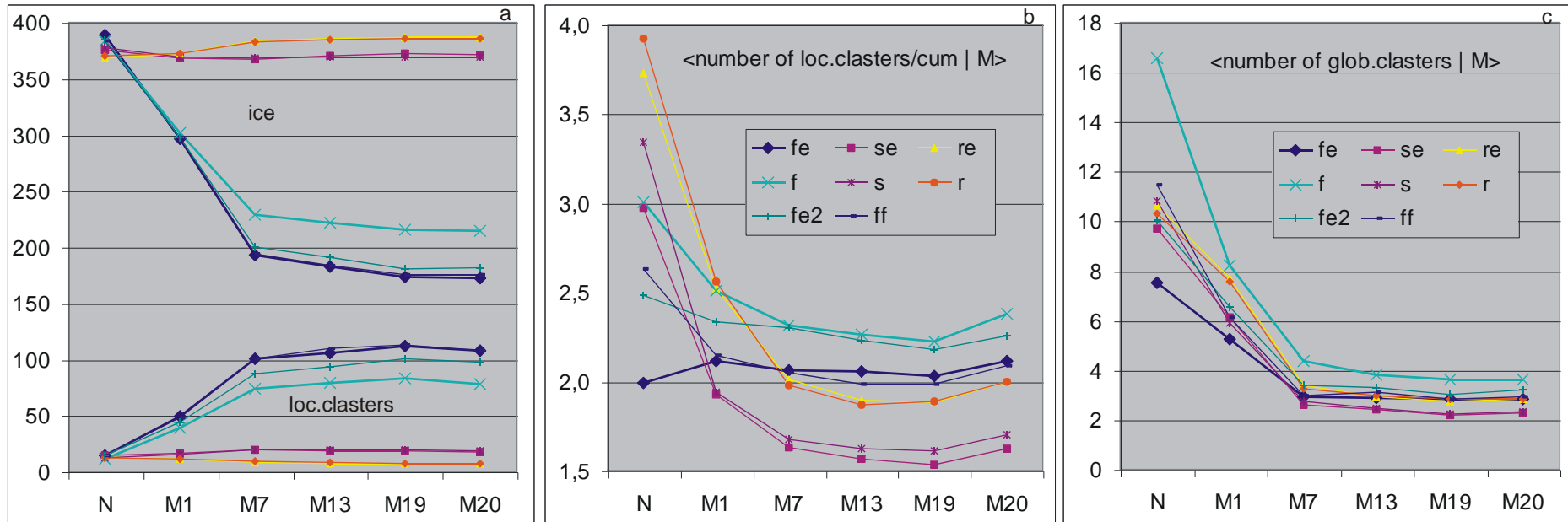








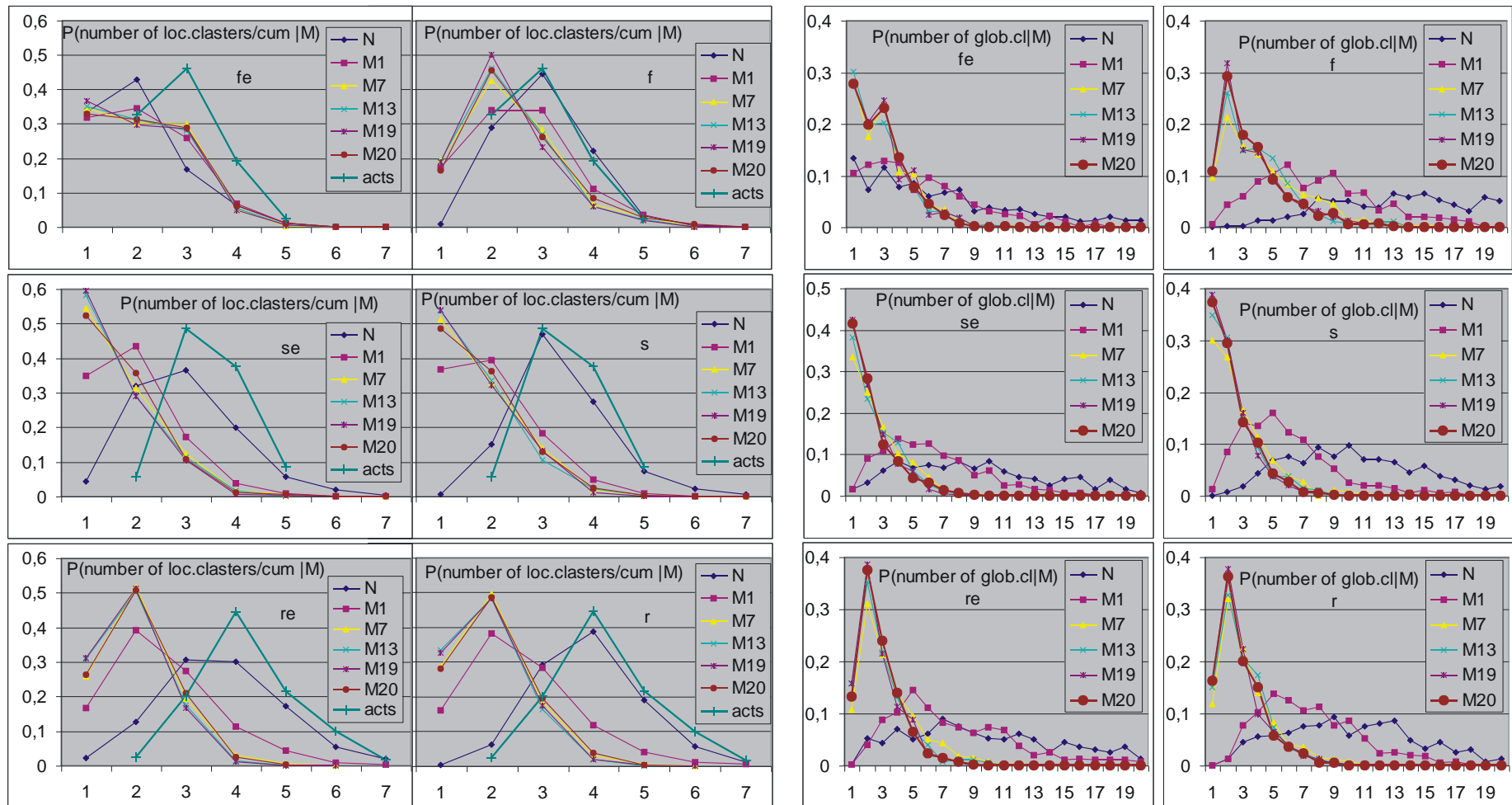
Rys.12. Poziomy różnie uśrednionego stanu lodu dla kumulowalnych w zależności od passu free. (a) Średni лёд w pojedynczym agregacie w 60 agr serii fi2 i fu2. Poziom docelowy prawie ustala się już w M7, ale zajmuje zakres około 60-400 jakby równomiernie, co weryfikuje (f) . (b) Uśrednienie po całej symulacji dla wielu symulacji – patrz tab.2. Wskazuje dokładność: serie i oraz u (ii) mają te same parametry i kolor, jednak bywa, że się różnią, np. fu2 od f, fi2. (c,d,e) Podział agr fe, se, re według zakresu wartości w M20 i uśrednienie w tych zakresach. W opisie podane zliczenia agr (tu około 300). (f) Udziały zakresów w różnych symulacjach. Widać minimum dzielące zakresy na dwa mechanizmy, z których tylko najwyższy zakres w pełni odpowiada mechanizmowi ro-modularności jak w met5c. (Dla fe 900 agr, f 689). Dla r udział mech2 jest prawie nie widoczny, dla s widać go, gdy się go spodziewa przez podobieństwo do f. fiu34 to fi3+fu3+fi4+fu4 120 agr z większym aktywnym ro-modułem.



Rys.13. (a) Średni (na kumulację, tj. suma lodu w przypadkach kumulowanych ze wszystkich agr na sumę kumulacji we wszystkich agr) rozmiar lodu i klastrów lokalnych w passach N i M free. Opis jak na b i c. Wyniki dla sieci s i r modeli a i b pokrywają się, dobrze zgadzają się z mechanizmem ro-modularności. Widać zasadniczą odmienność sieci typu f. Tu modele a i b dają nieco odmienne wyniki. Punkty sieci fe i pokrywające się z nimi ff są szczególnie odległe od oczekiwań, f z modelu b daje wyniki przesunięte w stronę przewidywań ro-modularności względem modelu a.

(b) Średnia liczba klastrów lokalnych na kumulację. Tu odstępstwo sieci fe od reszty jest także duże, choć akurat ta sieć ma najmniejszą zmienność podczas kumulacji. Spadek liczby klastrów lokalnych wraz z ewolucją świadczy o niestabilności wygenerowanej postaci ro-modularności. Sieci s i r w obu modelach najsilniej zmieniają ten parametr przechodząc od N do M7, ale dalej stabilizuje się on we wszystkich sieciach.

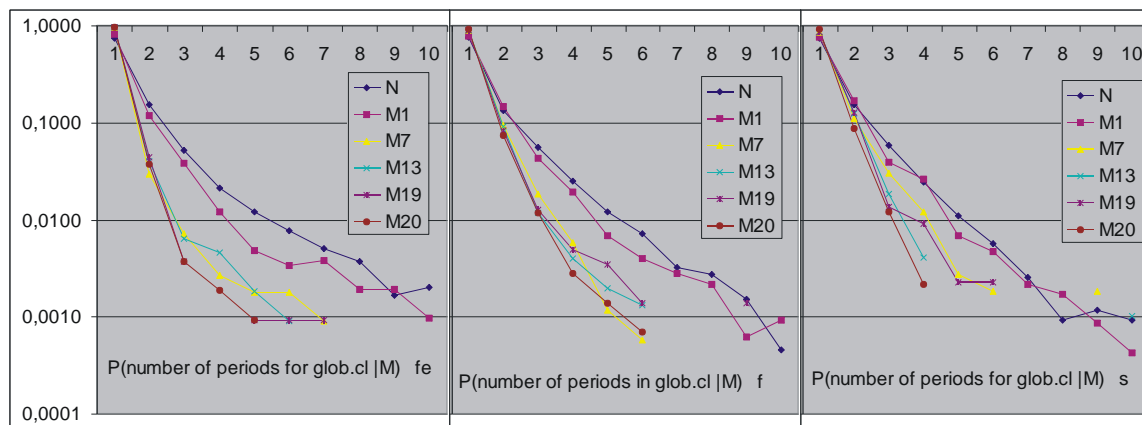
(c) Średnia liczba klastrów globalnych w passach N i M free. Tu także przejście od N do M7 wykazuje dużą zmianę a dalej następuje stabilizacja.



Rys.14. Rozkłady liczby klastrów lokalnych i globalnych ro oraz liczby okresów klastrów globalnych ro w zależności od passu N i free.

(a) Rozkład liczby klastrów lokalnych w przypadkach kumulowalnych. Uzupełniono go rozkładem liczby aktywnych ro-modułów (acts - pogrubiony) bezpośrednio po wygenerowaniu. Jak widać, acts i N nie są identyczne, choć są podobne. Pomiar dla N jest po kumulowalnych zmianach inicjujących, ale N nie ma kumulacji.

(b) Rozkład liczby klastrów globalnych. W obu przypadkach (a,b) widać odmiennosć passu N, pośredniość M1 i podobieństwo pozostałych. Świadczy to o wyraźnej zmianie stanu sieci z wygenerowanego na inny stan stabilny. Oczekiwanie, że mech2, widoczny głównie w sieci fe i f, jest formą mechanizmu z met6, którego główną cechą jest pojedynczy klastery na niemal całej sieci o jednym małym atraktorze, na podstawie tych wykresów zyskuje częściowe potwierdzenie, jednak, jak zwykle, sytuacja okazuje się bardziej złożona. Liczba klastrów globalnych i lokalnych ma dla f w M20 (pogrubiona) maksimum w 2 a nie w 1. W sieci s mech2 ma mały udział, choć tu taka hipoteza już nie miałaby tego kłopotu.



(c) Rozkład liczby okresów klastrow globalnych. Wykresy te mało różnią się dla wykonanych symulacji i niosą mało informacji, więc pokazane są na przykładach. Do fe podobne są fe2 i ff, f jest pośrednie a reszta se, re, r jest podobna do s. Otrzymane krzywe nie wykazują dodatkowych wzniesień poza zakresem początkowego spadku. Obraz dla różnych sieci jest zbliżony, mimo, że mają one wyraźnie różne własności obserwowane w inny sposób. Widać wyraźną różnicę N z M1 i reszty, co widać także w innych badanych wielkościach.

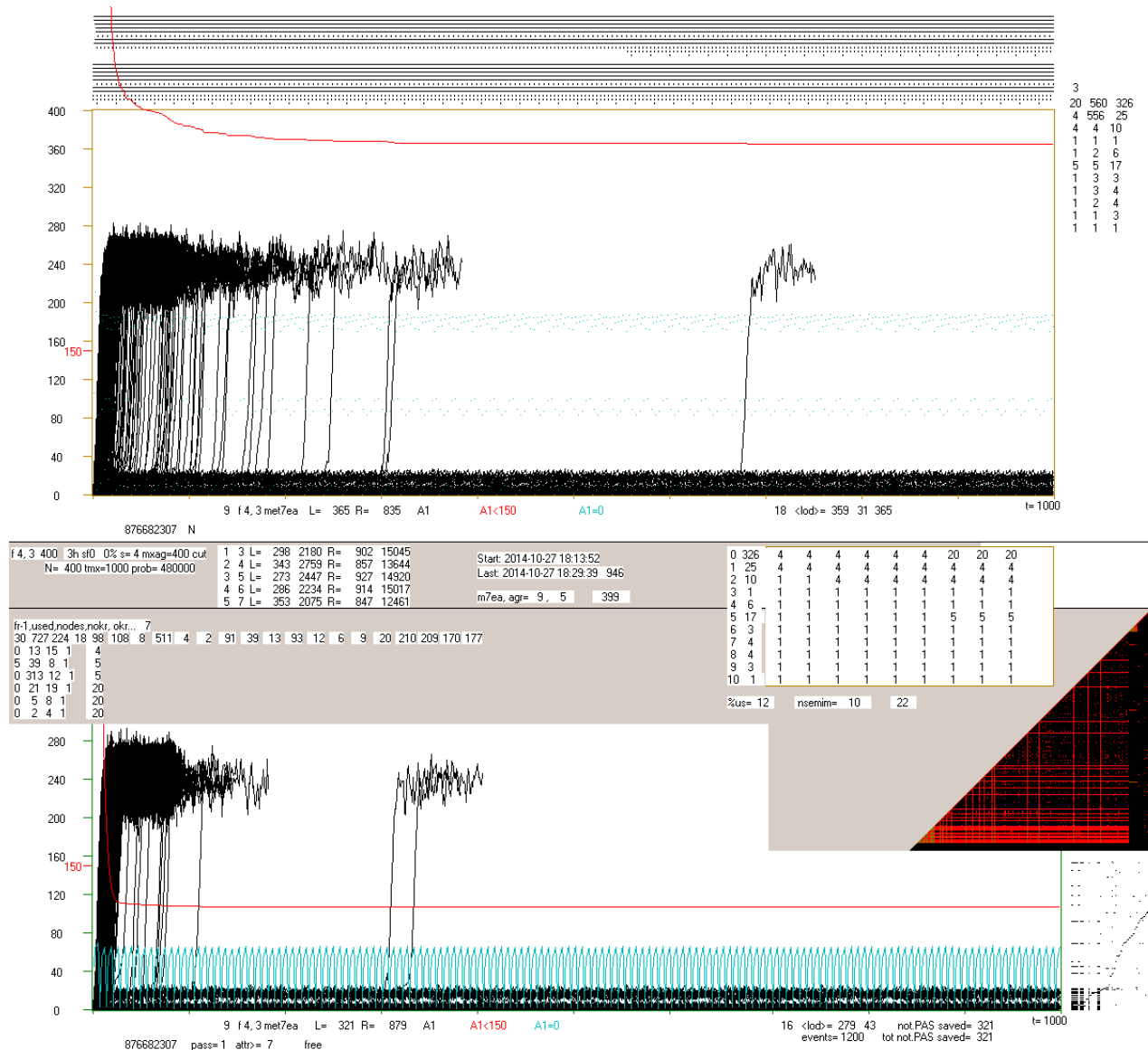
7.4.3 Obraz klastrow globalnych ro i ich porównanie do wygenerowanych ro-modułów

Stosowano 2 metody wykrywania klastrow globalnych – graficzna poprzez ‘trójkąt’ (opisana w met5 rozdz.5.7.2) oraz automatyczne łączenie klastrow lokalnych dość złożonym algorytmem opisanym w rozdz.7.4.2 (poprzednim) przeznaczone do analizy statystycznej. Obie te metody mają charakter uproszczony z uwagi na bogactwo wariantów i okoliczności. Jak widać na rys.15 wygenerowane ro-moduły są wykrywane w passie N jako klastry globalne, algorytmy więc działają dość skutecznie. Jednak podczas ewolucji podział na konkretne klastry rozmywa się, szczególnie w sieci f metodą ‘trójkąta’. Zwykle liczba klastrow ulega zmniejszeniu. W sieci f klastry zwykle rosną topiąc lód, natomiast w sieciach s i r odwrotnie, raczej maleją, a lód rośnie.

W odróżnieniu od sytuacji w met5, tu ścianki wygenerowanych ro-modułów mają wyraźnie inny charakter od nodów tworzących aktywne ro-moduły. Zmiany skumulowane nie mogą w met7 liczyć na powstanie innych ścianek, przynajmniej jest to istotnie utrudnione w porównaniu z met5. To właśnie jest prawdopodobnie głównym mechanizmem topienia lodu w sieci f. Ewolucja w sieciach s i r prowadzi do zamarzania, a to upodabnia sytuację do wyjściowej w met5 i ułatwia tworzenie nowych ścianek w nowej sytuacji wynikłej z kumulacji. W sieci f także zdarzają się takie ewolucje, co pokazano na rys.15d.

Ogólnie obraz zbliżony jest do znanego z met5 (m5.rys.18), choć posiada nieco inne parametry, szczególnie dla sporej części przypadków sieci f.

Jednym z ciekawszych i bardziej przekonujących obrazów funkcjonowania klastrow ro jest ich dynamiczny rozkład wielkości, który z konieczności przedstawiony jest w statyczny sposób na rys.15b,g,h wykonywanych w trakcie passów M free. Wystąpienie określonej wielkości klastra ro w zakresie 150 w przypadku kumulowanym odnotowywane jest dodaniem piksela w lewo na odpowiedniej wysokości rosnącej z wielkością klastra. Kolor piksela związany jest z passem M, co pokazuje kolejność wzrostu i nieco przybliża dynamikę. Dynamiczny obraz pokazuje, jak zmieniają się chwilowe preferencje: konkretne słupki rosną szybko, po czym następuje przesunięcie, zwykle blisko obok. Zwykle bywa kilka lokalnych klastrow ro (rys.15g,h) więc kilka słupków rośnie jednocześnie i zliczeń takich jest tu więcej niż dla podobnego dynamicznego obrazu wielkości klastrow A4h (usytuowanego po lewej stronie a rosnącego w prawo), gdzie po jednej ini jest jedynie jeden wynik A4h. Nierównomierność wzrostu w rozkładzie Ah4 jest nieduża, bo i zakres wielkości takich klastrow jest mały, ale rozkład wielkości klastrow ro rośnie szczególnie nierównomiernie, czego na statycznym wyniku trudno zauważyć. Widać jednak, że przyrosty w określonych passach M free (stały kolor) nie są proporcjonalne, co głównie nie wynika z małej statystyki. Dla różnych agr jest to mniej lub bardziej widoczne, na rys.15g pokazano przypadki modelu b sieci f gdzie jest to widoczne szczególnie silnie. Przypadek pierwszy ma szczególnie małe klastry globalne, co pozwoliło zmieścić także „trójkąty”. Większe (ponad 150) klastry ro nie mieszczą się na tym obrazie i bywają przypadki głównie dla fe, jak rys.15b lub ostatni z rys.15h, gdzie prawie nic się na tym wykresie nie dzieje.



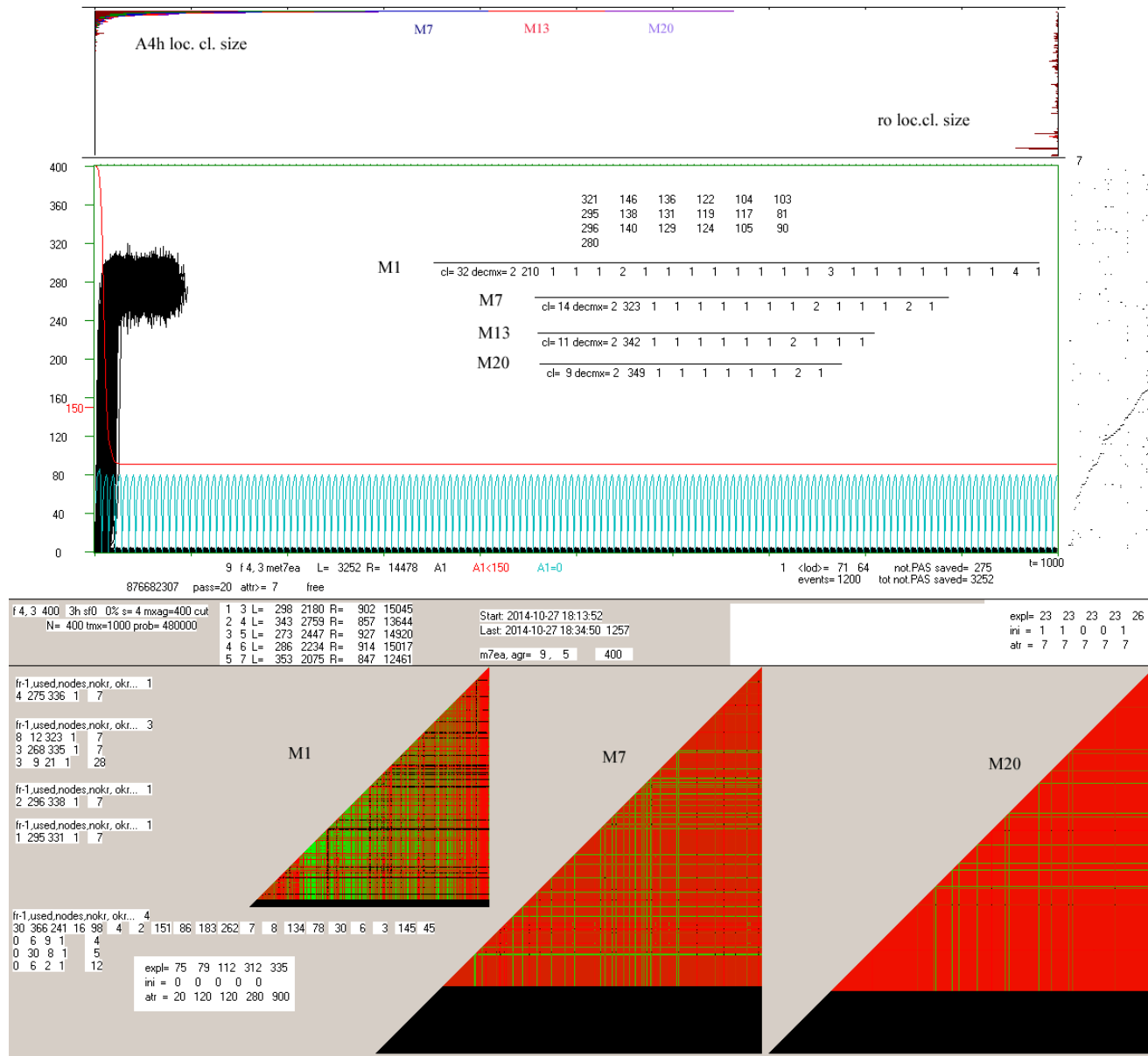
Rys.15. Graficzne wyniki uzyskane wraz z ‘krokodylami’ dotyczą konkretnych passów N lub M są tu upakowane dla oszczędności miejsca, a elementy mniej istotne zostały pominięte.

Obok (a) dokładniej przedstawiony jest agr 9 fe2 pass N w całości z wklejonym na dole krokodylem passu M1. Dokładny opis passu N jest na rys.8, tu jednak wyniki są z symulacji ewolucji met7e model a (bez wymuszenia tax). W dolnej części N zawiera analizę klastrow ro – po prawej metodą ‘trójkąta’ opisaną pierwotnie w rozdz.5.7.2 i tam na m5.rys.16. Po lewej wypisane są klastry globalne stosowane do analizy statystycznej, opisane w rozdz.7.4.2. Cztery początkowe liczby wskazują: pass, ile razy użyte w tym passie, liczba nodów klastra, liczba okresów klastra, dalej wymienione są wszystkie okresy. Dla N i dla M1 oznaczenie passu jest jednakowe =0. Klaster deaktywowany ma do numeru dodane =0, a klaster z mało pewnymi rozpoznaniemii wynikłymi z braku wykrycia atraktora globalnego ma dodane 30.

Jak widać w passie N wystąpiła taka sytuacja. Po prawej na górze wymienione są wygenerowane ro-moduły. Najwyższa pojedyncza liczba wskazuje liczbę aktywnych ro-modułów, tu 3.

Następna linia to: atraktor globalny, jego początek, liczba nodów lodu. Poniżej 10 ro-modułów: okres, początek, liczba nodów (maksymalnie 25). Po środku nad trójkątem podobny wypis dla kolejnych iteracji próbujących zwiększyć liczbę aktywnych. Obserwując okresy widać wykryte w klastrach globalnych wygenerowane ro-moduły.

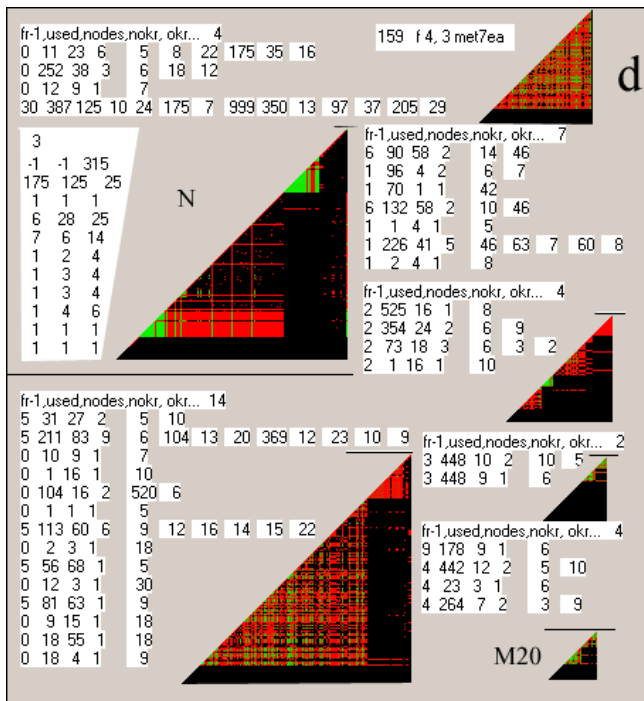
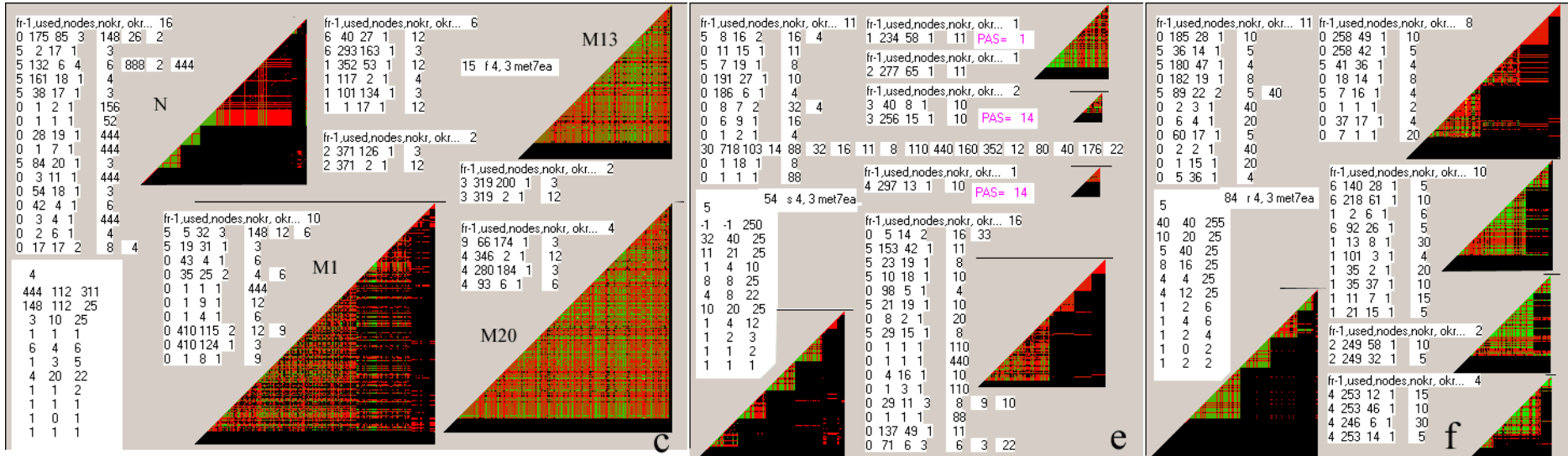
Jak na rys.8, dla passu N czerwona linia wskazuje liczbę ini, które nie eksplodowały do chaosu, natomiast dla passów M jak w met5 na m5.rys.7 i 9 wartość ta jest podzielona przez 3 by traktując lewy bok prostokąta jako jedną wskazać udział porządku i chaosu. Podobnie wskazany jest na niebiesko udział wygasania: w N punktami a w M linią.



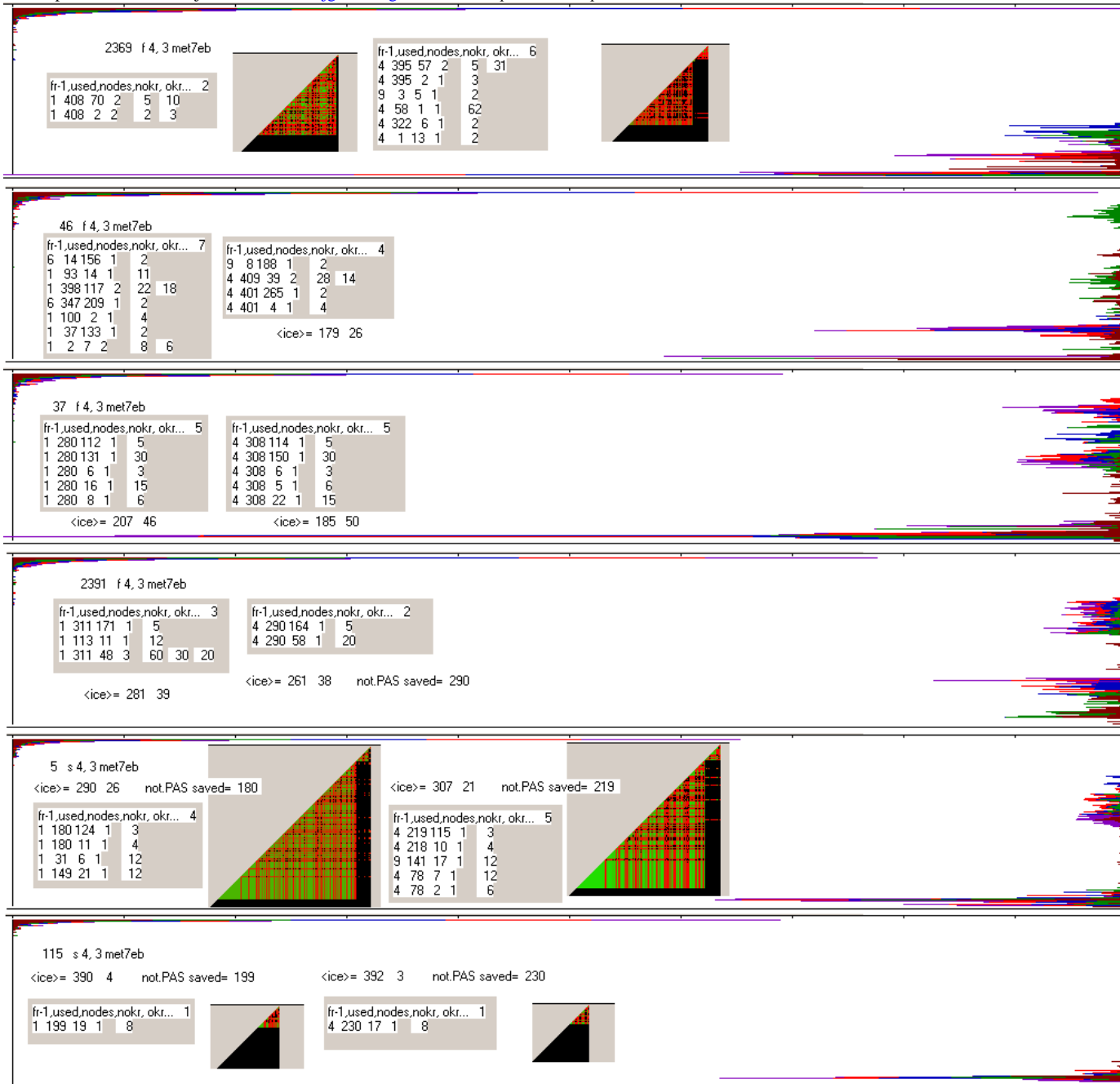
(b) – Dalszy ciąg dokładniejszego przedstawienia ewolucji agr 9 fe2, tu krokodyl końcowy z passu M20. Wkopiowano w niego liczby skumulowanych w kolejnych passach M, przy czym każda linia zaczyna się od passu free; oraz statystyki klastrów A4 dla kolejnych passów free zawierające kolejno: liczba klastrów, największa liczba jednocześnie łączonych klastrów a dalej liczebności kolejnych klastrów od pierwszego, który zwykle jest największym.

U góry dynamiczne rozkłady liczby zliczeń wielkości lokalnych klastrów A4h (z lewej do prawej) i klastrów ro (z prawej do lewej) w zakresie do 150 nodów wielkości. Tu klastry ro bywały zwykle większe od tego zakresu (patrz (g,h), rys.20). Jest to typowy obraz dla sieci fe, bywa też w f.

Kolorami oznaczono przyrosty w passach free. Poniżej w środkowym pasku z prawej 5 najpóźniejszych eksplozji: t, wartość ini, atraktor globalny wzorca w chwili eksplozji. Dla M1 tablica ta jest wkopiowana po lewej na dole, by pokazać, że wystąpił tam atraktor globalny '900', czyli nie wykryto atraktora, co uzasadnia obecność klastra globalnego oznaczonego '30'. Wystąpił on także w passie N, ale nie wystąpił już w późniejszych passach M7-20. Zestawy klastrów glob. wykryte w passach M wkopiowano po lewej. Pominięto wkopiowywanie 'trójkątów' dla passów M13 i 19 gdyż są praktycznie identyczne z pokazanymi dla M7 i 20. Jak widać trójkąt dla N i M1 jest podobnej wielkości, ale dla M1 bardziej wypełniony. Dalej w M7 aktywne nody stanowią już znaczną większość, a lód 'stopniał' (czarny pas na dole trójkąta, M7 i M20 pokazane są całe, pozostałe trójkąty są w tej samej skali, ale lód został obcięty dla oszczędności miejsca)

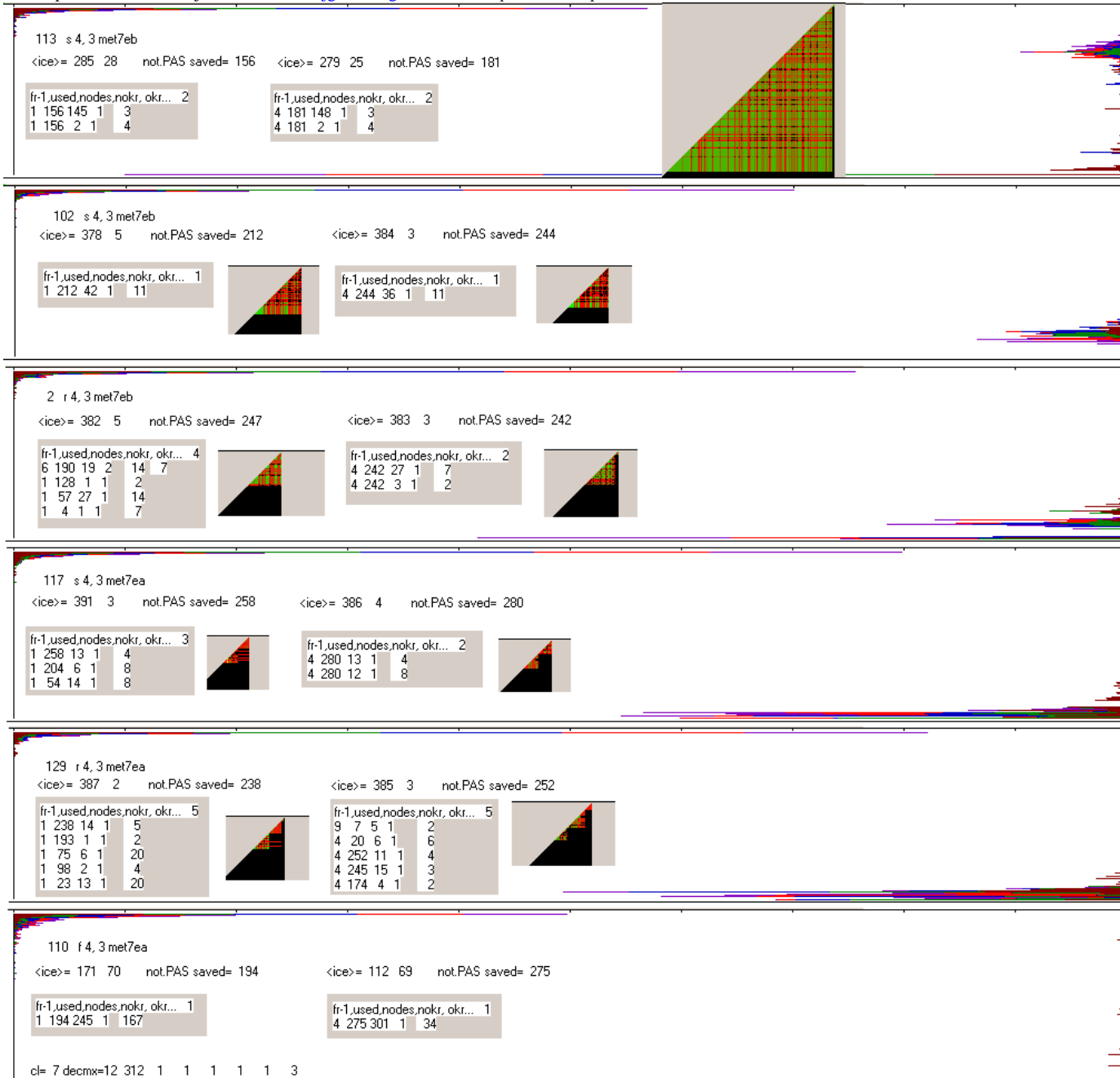


Historia ewolucji klastrow ro na przykladach fe2 agr 15, 159, se 54; re 84. Na (c – f 15) wygenerowano 4 aktywne ro-moduly o okresach: 148, 3, 6, 4. W passie N 4 pierwsze kolejne klastry globalne maja wlasnie te okresy. Liczby nodow nie sa jednak takie same, bo nie wszystkie nody ro-modulu maja okres taki, jak ro-modul, czesc jest lodem. Takze inicjacje powoduja zaburzenia, ktore uaktywniaja nody scianek, nieraz sasiednie ro-moduly. Takie uaktywnienie sasiedow powoduje, ze zostaja oni wpisani jako czlonkowie klastra, a nastepnie okazuje sie, ze wystepuja jednoczesnie w innym klastrze lokalnym, co prowadzi do deaktywacji bladnego klastra globalnego i tworzenia go od nowa (dodanie 5 do numeru passa M1=0, M7=1...M20=4). Trójkat dla N wykryl klastry globalne w inny sposob. Kolejne od dolu 2 zielone trójkaciki maja 21 i 18 nodow, prawdopodobnie odpowiadaja one okresom 3 i 4, choc moze zamiast 4 jest 444. Wszystkie pierwotne okresy pojawiaja sie w M1, dalej klaster z okresem 3 rośnie do wielkich rozmiarow, znika 148, 6 chyba przechodzi na 12. Nie pokazano trójkaciki dla M7 i 19, dzys jest on niemal identyczny z M20, jedynie M13 jest dziwnie mniejszy. Niestety trójkaciki nie pokazuja tego, co klastry globalne. Na (d – f 159) w N nie wykryto atraktora globalnego, wynosi on przynajmniej 175*6=1050. 3 aktywne ro-moduly maja okresy 175, 6, 7, ktore sa wykryte w trzech poczatkowych klastrach globalnych. 7 i 175 wystepuja takze w klastrze '30', gdzie 999 oznacza brak wykrycia okresu. Okres 175 znika juz w M1, 7 w M13 a 6 utrzymuje sie do konca. W tym przypadku (mimo, ze to siec f) lod rośnie, a na koncu praktycznie pozostaja 2 maleńkie klastry co dobrze obrazuje trójkat. (e oraz f) dotycza sieci se i re. Ogolnie w obrazie tu analizowanym sa one prawie identyczne. Wybrane przyklady różni glownie koncowy efekt – liczba aktywnych nodow. Dla re (f) jest ona wyraznie wieksza niz dla se (e), ale latwo mozna dobrac przyklady odwrotne. W (e) wystepuje PAS (Point Attractor System) co w sieci s zdarza sie czesciej. Jak widać, w toku ewolucji poczatkowe dosc klarowne obrazy podzialu na ro-moduly ulegaja rozmyciu, zwykle nastepuje utrata ich odrębności. W sieci f typowo powstaje jeden klaster na trójkaciki (choć przyklad (d) pokazuje, ze moze byc inaczej).



(g) – Dynamiczne rozkłady w M20 liczby zliczeń wielkości lokalnych klastrów A4h (z lewej do prawej) i klastrów ro (z prawej do lewej) w zakresie do 150 nodów wielkości (patrz (b)). Uzupełniono je „metką” : nr agr, sieć i model; klastrami globalnymi ro z lewej dla M7 i z prawej dla M20; <ice>= średnia wielkość lodu, średni % wygaśnięcia (A1=0) na kumulację na ostatnich 200 krokach przed t_{mx} (A1h₀); liczba skumulowanych w tym passie (not PAS saved =).

Wynikowy rozkład wielkości klastrów A4h jest mało ciekawy. Dynamicznie wzrosty są nierównomierne istotnie bardziej, niż wynika to z losowości, można to ocenić żmudnie analizując wielkości przyrostów w określonym kolorze przypisanym do passu, ale nie oddaje to obrazu dynamicznego wewnątrz passu. Ta nierównomierność związana jest z obecnością ro-modułów, także zmieniających się podczas kumulacji. W przypadku klastrów ro, których wielkości różnią się znacznie, obraz wynikowy w dużej mierze zachowuje ślady dynamicznej niejednorodności przyrostów. Tu dla głębszej analizy należy skorzystać z wklejonych informacji o klastrach globalnych ro, głównie o ich wielkości (nodes), która jest nieco większa od składających się na nie klastrów lokalnych i o liczbie wystąpień (used), którą dobrze porównać do liczby skumulowanych w tym passie. Dodatkowo wspomaga ten obraz „trójkąt” przedstawiający inną formę klastrów globalnych ro. Można tu było wkleić tylko małe „trójkąty” (patrz (c-f)). Zarówno trójkąty, jak i przedstawione tu rozkłady wielkości klastrów lokalnych obu typów należy analizować na



pikselach w dużym powiększeniu. Przedstawione tu wyniki z modelu b (z tax) są identyczne z uzyskanymi w modelu a (bez tax) (patrz ostatnie 3 przykłady w (h) oraz przykład w (b)). Modele te w tym aspekcie różni jedynie statystyka typów takich obrazków, co lepiej pokazują inne rysunki.

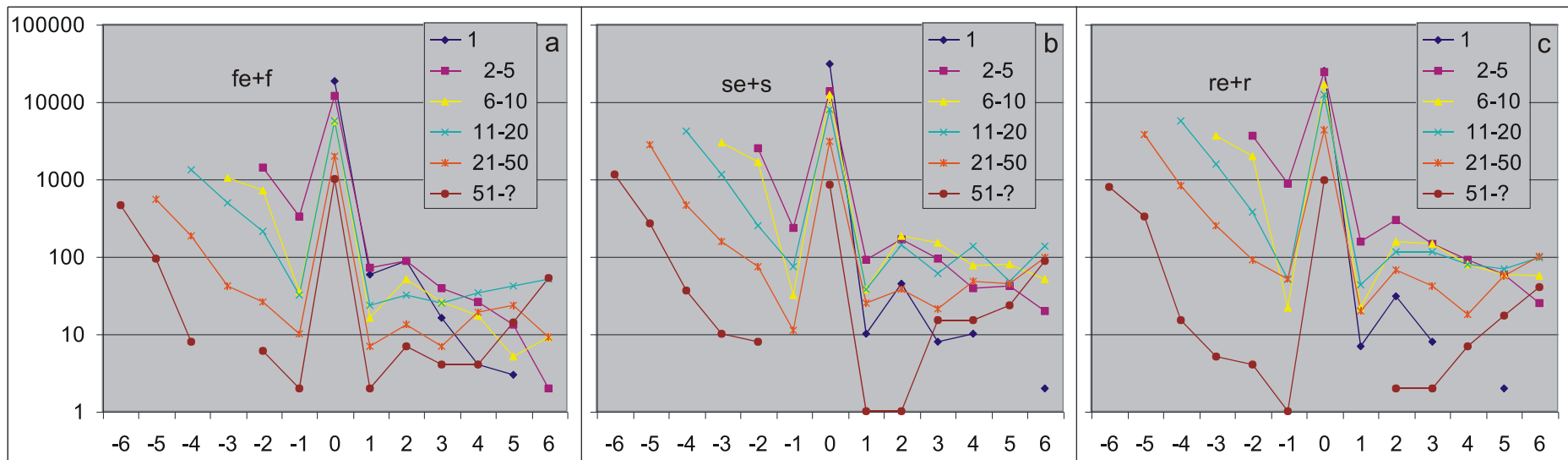
(h) – Dalszy ciąg przykładów z (g). Kolejność obrazowania to f, s, r, se, re, fe. Dla f większość klastrow ro mieściła się w zakresie 150, co pozwala na ich analizę i obraz jest tu najciekawszy. W fe klastrow ro są zwykle większe (rys.13a) i obraz taki jak w (b) lub tu ostatni pojawia się znacznie częściej. Sieci s i r w obu modelach różnią się wyraźnie – w r i re bardzo rzadko występują większe klastrow lokalne ro. Różnice w obrazie między modelami a i b dla sieci typu s i r prawie są niezauważalne.

Przedstawiony obraz dla kl. ro, szczególnie w postaci dynamicznej częściowo odtwarzalnej poprzez kolory, jest silnym, naocznym argumentem za istnieniem i funkcjonowaniem ro-modułów. Jak widać, ro-moduły mogą być nawet spore, a mimo to wielkość zmiany obrazowana przez klastrow A4h jest mała i przypadki takie znajdują się pod progiem akceptacji nie prowadząc do eksplozji chaotycznej. Jak przystało dla sieci złożonych, obraz tych uzależnień jest bardzo złożony i proste wyjaśnienia okazują się zwykle nazbyt uproszczone. Przedstawiona analiza wkracza głęboko w rozmaite aspekty procesu, dając silną podstawę do wniosków w tak „grząskim i zdradliwym” obszarze.

7.4.4 Podobieństwo atraktorów ro-modułów po kumulacji

W rozdz.7.3.4 w wizji podstawowego mechanizmu ro-modularności korzystano z hipotezy, że po kumulacji czas dojścia do nowego atraktora lokalnego ro-modułu jest zwykle krótki a atraktor zwykle podobny. W met5 trudno było sprawdzić tą hipotezę, opierano się na przeglądzie lokalnych klastrów ro i wrażeniu z tego przeglądu. Wyznaczenie ro-modułów i ich atraktorów pozwala jednak w passie N bez kumulacji na badania automatyczne z dużą statystyką. Takie badania wykonano w met7e i potwierdziły one z grubsza ww. hipotezę, ale tak jak zwykle, rzeczywistość okazała się bardziej złożona. Badano 3 elementy dla ro-modułów, w których dokonana została inicjacja, w zależności od przedziału wielkości atraktora lokalnego przed zmianą nadającą się do kumulacji: 1- rozmiar nowego atraktora; 2 - zmianę rozmiaru atraktora; 3 - czas dojścia do nowego atraktora (tu dojścia do stanu z tmx).

Otrzymane wyniki trudne są do klarownego przedstawienia głównie z uwagi na niejednorodność rozkładu wielkości atraktorów, co widać na [rys.4e,f,g](#), ale także ze względu na wiele parametrów, które mają tu wpływ, takich jak 3 typy sieci, 2 modele i wiele wariantów do omówienia. Z konieczności główne wyniki przedstawione są w [tabeli 3](#), gdyż ich graficzne przedstawienia zabrałyby nieadekwatnie wiele miejsca i wcale nie są bardziej czytelne. Opisu wyników zamieszczonych w [tab.3](#) nie ma co tu powtarzać, jedynie należy zwrócić uwagę, że są tam także wskazane średnie czasy dojścia do atraktora, które okazały się rzeczywiście znikome. Przedstawiony został jednak na [rys.16](#) rozkład zmiany atraktora w zależności od zakresu przed zmianą. Argumentem są tu także takie same zakresy wielkości zmniejszenia lub zwiększenia atraktora (np.-2 oznacza zmniejszenie długości o wartość w zakresie 2-5). Osobną pozycją jest brak zmiany długości (0).



Rys.16. Rozkłady zmiany długości atraktora lokalnego ro-modułu po inicjacji kumulowalnej dokonanej w funkcji nodu należącego do tego ro-modułu. Zależność podana od zakresu wielkości atraktora tego ro-modułu przed inicjującą zmianą permanentną. Argumentem są tu także takie same zakresy wielkości zmniejszenia lub zwiększenia atraktora (np.-3 oznacza zmniejszenie długości o wartość w zakresie 6-10). Osobną pozycją jest brak zmiany długości (0). Prezentowane wyniki są złożeniem wyników z modelu a i b dla zwiększenia statystyki i czytelności, gdyż były one podobne. Widać asymetrię zmian zmniejszających i zwiększających atraktor. Zmiany zmniejszające w dużej części (patrz [tab.3](#)) to przejście do atraktora punktowego, czyli inaktywacja ro-modułu. Zmniejszanie ma też oczywiste ograniczenie, czego nie ma zwiększanie. Ogólnie, obraz dla wszystkich trzech typów sieci jest jakościowo zbliżony. Stanowczo przeważa pozostanie bez zmiany długości, co także widać w [tab.3](#).

Tab.3. Podobieństwo lokalnych atraktorów (ro-modułów) przed i po zmianie kumulowalnej w passie N, inicjowanej w danym ro-module, w eksperymencie met7ea i met7eb, sieci f,s,r (po 400 skutecznych agregatów).

W linii górnej nagłówki dotyczą zakresu wielkości atraktora lok. przed zmianą, do zakresu 1 dopisano typ sieci obowiązujący do ‘globally’ włącznie. Podstawowy efekt, to dokładna identyczność długości atraktora występująca zazwyczaj (equal). Wartości to udział w danym zakresie (pionie). Najmniej w modelu a (0.334) ma sieć s, a w modelu b (0.415) ma sieć r, oba w zakresie największych atr. Jest to zasadniczy element pozostawania w pierwotnym zakresie (same range). Przejście do atraktora punktowego (to 1) jest drugim co do istotności zjawiskiem (uwaga na interpretację dla zakr.1). Razem te 2 zjawiska (sam+1) zawsze stanowią ponad połowę. Podobieństwo to także przejście do zakresu sąsiedniego z obu stron (to range ne. od nearby lub neighbour), ale nie zawsze są z obu stron, a bywa, że jest to już wskazany specyficzny zakres 1 (dla zakr.2-5). Dla większych zakresów od 6, gdzie nie wchodzi już zakres 1, zjawisko to ma znikomy udział. Przy okazji pokazane są udziały zwiększania (inc) i zmniejszania (dec) wielkości atraktora lokalnego. Okazuje się, że występuje tu silna dysproporcja (prawie 10 razy) preferująca zmniejszanie atraktorów. Przedostatnie 2 linie pokazują liczbę zliczeń (count) i udział danych przedziałów (fraction) w kumulowalnych, co pozwala wyliczyć pion ‘globally’. Ostatnia linia (attr.start) pokazuje średni czas dojścia do nowego atraktora - rzeczywiście jest on znikomy. Tym bardziej, że jest to pojawienie się wartości z tmx, a nie rzeczywiste wejście w atraktor, które zwykle było wcześniej, należałoby przyjąć, że średnio o pół przedziału. W tej sytuacji jest to wynik wskazujący, że zwykle inicjacja nie wybijała ro-modułu z atraktora, a jedynie go nieco modyfikowała. Na tej podstawie hipotezę powołaną w rozdz.7.3.4 o podobieństwie atraktora po zmianie kumulowalnej i o krótkim czasie dojścia do atraktora należy uznać za uzasadnioną. Modele a i b dają tu jakościowo jednakowe wyniki, ale ilościowo są różnice, głównie dla największych atraktorów, które w modelu b mają początkowe odgraniczenie do 100 a w modelu a nie ma tego ograniczenia. Sieć fe (model a) ma w porównaniu z f (model b) istotnie silniejszy udział ‘equal’.

	f	1	2-5	6-10	11-20	21-50	51-?	globally	s	1	2-5	6-10	11-20	21-50	51-?	globally	r	1	2-5	6-10	11-20	21-50	51-?	globally
a	equal	0,991	0,864	0,841	0,777	0,807	0,626	0,888	0,998	0,812	0,726	0,573	0,442	0,334	0,775	0,997	0,818	0,741	0,598	0,457	0,449			0,756
	same ra.	0,991	0,893	0,853	0,803	0,850	0,786	0,912	0,998	0,820	0,747	0,600	0,480	0,517	0,796	0,997	0,846	0,755	0,626	0,498	0,508			0,777
	to 1	0,991	0,093	0,102	0,088	0,021	0,013	0,474	0,998	0,154	0,187	0,277	0,308	0,038	0,498	0,997	0,129	0,190	0,268	0,304	0,098			0,379
	to ra.ne.	0,007	0,099	0,042	0,063	0,058	0,069	0,043	0,001	0,169	0,051	0,067	0,106	0,139	0,063	0,002	0,143	0,045	0,055	0,087	0,086			0,066
	inc	0,009	0,017	0,011	0,042	0,032	0,055	0,019	0,002	0,029	0,040	0,047	0,054	0,064	0,028	0,003	0,029	0,025	0,033	0,040	0,031			0,024
	dec		0,119	0,148	0,181	0,160	0,319	0,093		0,159	0,234	0,380	0,504	0,601	0,198		0,153	0,234	0,369	0,503	0,520			0,220
	count	9471	4374	2791	2274	1508	1376	21794	15866	7050	7838	6471	3553	2120	42898	12306	13501	12184	10152	5224	1538			54905
	attr.start	2,1	4,4	7,7	16,4	19,8	98,5	12,0	2,2	6,0	9,1	15,5	24,1	82,7	11,9	2,3	5,2	8,8	12,11	23,3	51,2			9,6
b	equal	0,991	0,852	0,695	0,691	0,545	0,523	0,824	0,996	0,807	0,674	0,558	0,457	0,438	0,769	0,999	0,817	0,724	0,606	0,445	0,415			0,766
	same ra.	0,991	0,881	0,723	0,715	0,576	0,544	0,843	0,996	0,813	0,689	0,584	0,483	0,459	0,780	0,999	0,841	0,735	0,621	0,478	0,445			0,780
	to 1	0,991	0,107	0,218	0,193	0,202	0,091	0,414	0,996	0,165	0,263	0,338	0,365	0,097	0,498	0,999	0,140	0,222	0,302	0,385	0,120			0,403
	to ra.ne.	0,008	0,116	0,055	0,049	0,079	0,057	0,059	0,002	0,178	0,040	0,052	0,067	0,032	0,061	0,001	0,149	0,038	0,040	0,068	0,092			0,065
	inc	0,009	0,017	0,020	0,020	0,022	0,027	0,016	0,004	0,026	0,028	0,033	0,026	0,021	0,020	0,001	0,024	0,019	0,018	0,022	0,032			0,017
	dec		0,130	0,286	0,289	0,433	0,450	0,160		0,168	0,298	0,409	0,517	0,541	0,211		0,159	0,256	0,376	0,533	0,554			0,218
	dec -1		0,023	0,068	0,096	0,231	0,359	0,049		0,003	0,035	0,071	0,151	0,444	0,034		0,018	0,034	0,074	0,148	0,434			0,043
	sam+1	0,991	0,988	0,942	0,909	0,778	0,634	0,955	0,996	0,978	0,953	0,922	0,849	0,556	0,957	0,999	0,982	0,957	0,923	0,863	0,565			0,955
	sam+ne.	0,999	0,996	0,778	0,765	0,655	0,601	0,902	0,999	0,991	0,729	0,636	0,550	0,491	0,841	1,000	0,991	0,773	0,661	0,547	0,536			0,846
	count	9358	9290	4766	5608	1323	298	30643	14406	9509	9490	7706	3163	340	44614	12289	15701	10618	10379	4258	632			53877
	fraction	0,305	0,303	0,156	0,183	0,043	0,010	1	0,323	0,213	0,213	0,173	0,071	0,008	1	0,228	0,291	0,197	0,193	0,079	0,012			1
	attr.start	2,1	3,9	7,0	9,8	18,5	37,1	5,8	2,2	4,8	8,0	12,3	17,9	35,7	7,1	2,4	5,0	8,1	10,9	17,1	31,6			7,5

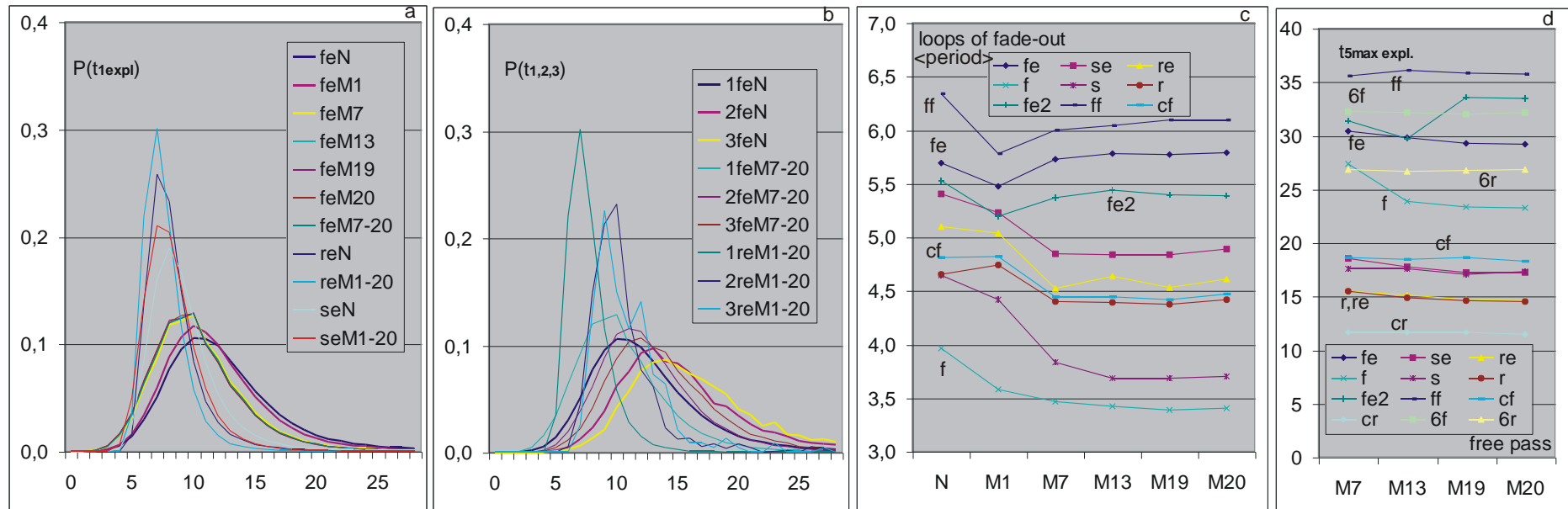
7.4.5 Wygasanie jako czynnik mech2

W met5 obecność wygasania wielokrotnego była wyraźnie związana z wielkością przesunięcia początku badanej trajektorii po kumulacji. W met7e pozostawiono przesunięcie jak w met5 44 równe 50, ale dla f wygasanie w met7e jest wyraźnie większe, natomiast dla r przeciwnie – nieco mniejsze, co widać w tabeli 4. Tabela ta, analogiczna do m6.tab.2, zawiera podział losów inicjacji na eksplozję chaotyczną i przebiegi akceptowalne (saved). Następnie – podział saved na atraktor punktowy (PAS), wygasanie (fade) i inne, tj. przypadki, które nie eksplodowały, nie wygasły, nie są PAS, ale doszły do tmx nie przekraczając progu A1. Są one opisane w liniach '1', w sensie pierwsza inicjacja. Jeżeli wygasły, to mogła je pobudzić wtórna inicjacja: druga '2', a dalej trzecia i następne '3 & next' opisane łącznie. Wygasanie może być zupełne (total fade), bez wtórnych inicjacji, ale zdarzało się to jedynie w serii met5c. To też zastanawiająca różnica met5c i met7e. Dla porównania z wcześniejszymi symulacjami zamieszczono analogiczne dane dla met5c i met6, które dotyczą passów M1 do M20 łącznie, teraz dodano osobno pass N i badano tylko passy M free rozdzielnie, co pozwoliło dla sieci f wydzielić pass M1. Także wpadanie w atraktor punktowy (PAS) jest w met7 wyraźnie rzadsze od met5c, ale się zdarza, gdy w met6 wcale nie występuje.

Wygasanie wielokrotne ma udział w mech2, który obniża poziom lodu, co wykazano poszukując (rozd.7.4.7, parametr A1h0, tab.5, rys.21) dodatkowego kryterium generowania ro-modularności.

Tab.4. Podział efektów inicjacji pierwszej; drugiej; oraz trzeciej i dalszych, między eksplozję i akceptację (saved). Następnie udziały w saved atraktorów punktowych (PAS), wygaśnięć do A1=0 (fade) i innych (others) przechodzących przez tmx z wartością próg>A1>0, ale zmienną w trakcie procesu. Wtórne inicjacje mają jednak inne proporcje tych efektów niż ini pierwsza, a późniejsze niż druga także zmieniają udziały w tym samym kierunku. Porównanie z met5c i met6 wskazuje na istotne różnice w mechanizmie prowadzącym do akceptacji. Wyraźne zwiększenie wygasania w sieci f jest względem met5 zmianą w kierunku obrazu z met6. Po pierwszej ini dodatkowo pokazano jaki % wygasłych nie miał następnych, czyli wtórnych ini i pozostał jako wygasły do końca (mimo zmiany permanentnej). Takie zdarzenia obserwowane były w met5, ale nie zaistniały w met6 ani w met7. Udział niemal 100% wygasania po następnych ini, świadczy o powtarzalności mechanizmu wygasania a to jest podstawą do wyliczenia długości takich pętli (rys.17c).

1	77,69	91,52	72,10	89,17	68,13	66,62	66,99	77,92	78,53	78,93	78,28	70,44	69,60	68,49	77,45	78,39	79,84	78,71	expl1	% ini1
	22,31	8,48	27,90	10,83	31,87	33,38	33,01	22,08	21,47	21,07	21,72	29,56	30,40	31,51	22,55	21,61	20,16	21,29	saved1	% ini1
	2,73	1,85	0,00	0,00	0,00	0,32	0,35	0,00	0,88	0,00	1,78	0,10	0,21	0,12	0,02	0,86	0,04	1,63	PAS1	% saved1
	10,75	17,00	99,99	100,00	50,68	48,45	55,46	31,24	11,87	31,39	17,16	70,39	69,94	79,32	32,50	11,65	36,54	18,88	fade1	% saved1
	86,52	81,16	0,01	0,00	49,32	51,23	44,20	68,75	87,25	68,61	81,05	29,52	29,84	20,55	67,48	87,49	63,42	79,49	other1	% saved1
	43,66	58,96	0,0000	0,0000	0,0013	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0049	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042	tot.fade
2	1,3542	0,2688	21,0043	20,5334	9,8646	7,7095	7,6890	6,3744	1,5407	10,0239	3,3220	18,8882	16,8287	17,8431	6,7394	1,5968	12,8209	5,4342	expl2	% ini2
	98,6458	99,7312	78,9957	79,4666	90,1354	92,2905	92,3110	93,6256	98,4593	89,9761	96,6780	81,1118	83,1713	82,1569	93,2606	98,4032	87,1791	94,5658	saved2	% ini2
	0,1317	0,0634	0,0000	0,0000	0,0000	0,0056	0,0022	0,0000	0,0100	0,0000	0,0197	0,0037	0,0059	0,0008	0,0000	0,0235	0,0000	0,0166	PAS2	% saved2
	93,4856	86,9896	99,9994	100,0000	98,9210	99,0033	99,1897	99,1647	99,7093	98,7221	99,5086	99,0989	99,0328	99,2739	98,9546	99,6032	98,1609	99,3768	fade2	% saved2
	6,3827	12,9470	0,0006	0,0000	1,0790	0,9911	0,8081	0,8353	0,2807	1,2779	0,4717	0,8974	0,9613	0,7253	1,0454	0,3733	1,8391	0,6066	other2	% saved2
3 & next	cf M	cr M	6f M	6r M	fN	fM1	fM7-20	rN	rM	sN	sM	feN	feM1	feM7-20	reN	reM	seN	seM		
	0,0004	0,0000	0,0404	0,0193	0,0241	0,0103	0,0074	0,0112	0,0016	0,0210	0,0030	0,0992	0,0507	0,0446	0,0129	0,0019	0,0373	0,0049	expl3	% ini3
	99,9996	100,0000	99,9596	99,9807	99,9759	99,9897	99,9926	99,9888	99,9984	99,9790	99,9970	99,9008	99,9493	99,9554	99,9871	99,9981	99,9627	99,9951	saved3	% ini3
	0,0260	0,0354	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0038	0,0000	0,0035	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0035	0,0000	0,0042	PAS3	% saved3
	99,6558	99,7125	99,9519	99,9758	99,7893	99,8147	99,8357	99,7434	99,7560	99,7464	99,7831	99,7683	99,7795	99,8142	99,7293	99,7415	99,7275	99,7356	fade3	% saved3
0,3182	0,2521	0,0481	0,0242	0,2107	0,1852	0,1642	0,2566	0,2402	0,2536	0,2135	0,2317	0,2205	0,1857	0,2707	0,2551	0,2725	0,2602	other3	% saved3	



Rys.17. Wygasanie wielokrotne sugeruje istnienie pętli o zbliżonym przebiegu, w której powtarza się wygasanie do $A1=0$ i ponowna, wtórna inicjacja wynikająca z otrzymania na wejściu zmodyfikowanego nodu pierwotnego stanu wejściowego, dla którego wprowadzono ową punktową zmianę permanentną. W met5 była to jedna z przesłanek ro-modularności (rozd.5.6.1, m5.rys.11b), odpowiada ona rys.(c), na którym uzyskane w met7e wartości są zbliżone. Zastanawia tu wyraźnie odmienne wychylenie sieci f od sieci s i r, przy czym model a i b dają tu odstępstwa w przeciwne strony. Wyraźnie model a bardziej zbliża się do obrazu dla met6, co potwierdza podobne spostrzeżenia z innych wyników.

Tematem silnie łączącym się z wygasaniem jest chwila eksplozji do chaosu. Udział eksplozji śledzi także tab.4. Na (a,b) przedstawione są rozkłady chwili eksplozji liczone od chwili inicjacji (por. m6.rys.1d,e oraz rys.6).

(a) przedstawia eksplozję po pierwszej inicjacji dla fe w różnych passach. Różnią się jedynie passy N i M1 od wszystkich pozostałych passów free, które praktycznie pokrywają się. Dla sieci se i re różnice dla passów M są mniejsze i pokazano jedynie osobno pass N. W tych sieciach eksplozja następuje szybciej, rozkład jest znacznie mniej rozmyty.

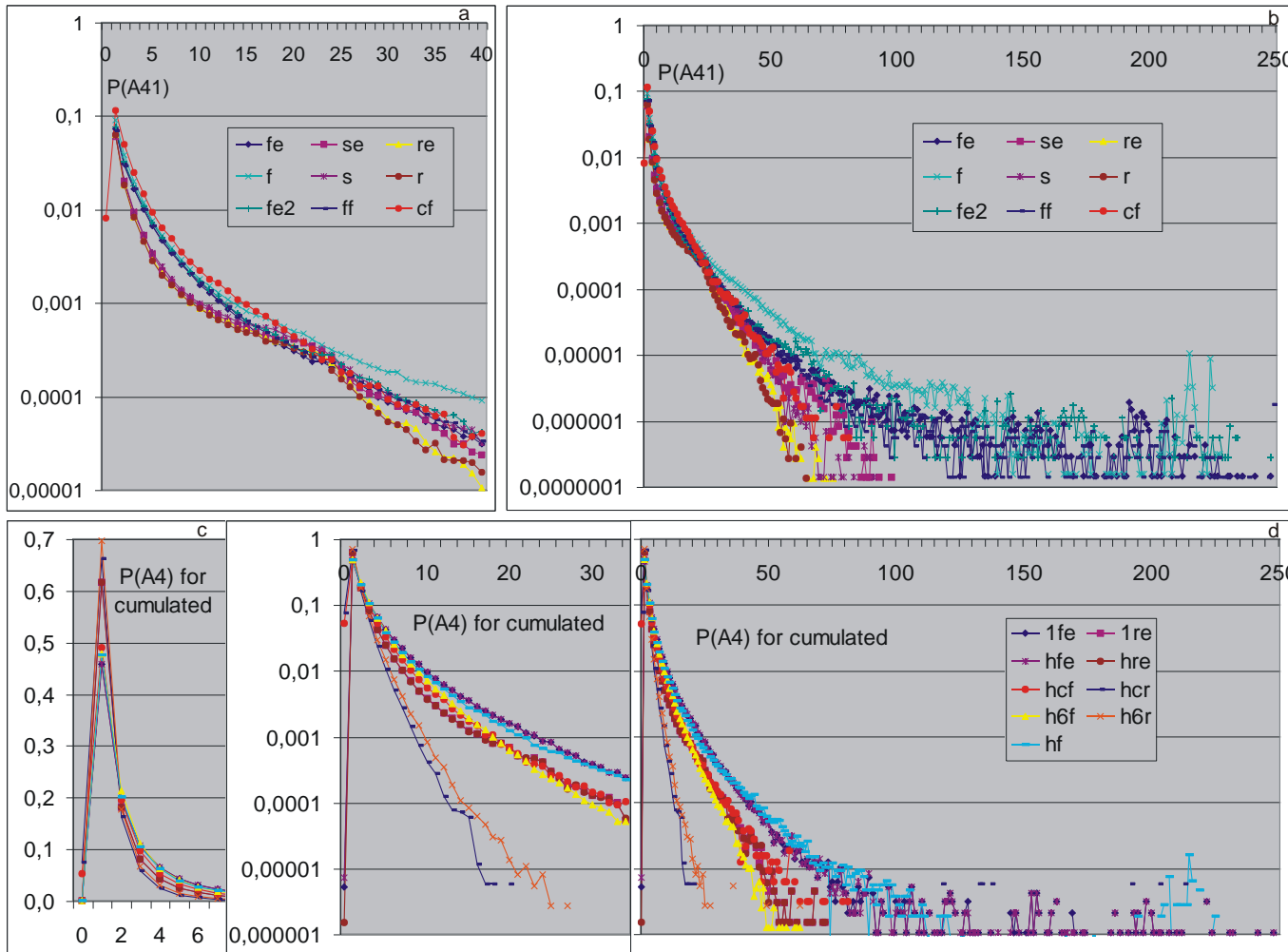
(b) ukazuje różnicę w czasie eksplozji dla wtórnych ini, jak widać, po późniejszych wtórnych ini eksplozje pojawiają się nieco później, czyli stan po wtórnym ini trudniej prowadzi do eksplozji chaotycznej.

(c) przedstawia średni okres pętli wygasania wtórnego, patrz wyżej.

(d) przedstawia średni czas z 5 najpóźniejszych eksplozji (por. m5.rys.5a,b; m6.rys.1c). Jak zwykle, sieci r i re są najbardziej zbliżone, s i se także leżą blisko siebie i blisko sieci r, re. Sieci typu f mają późniejsze eksplozje do chaosu, co spójne jest z rozkładem na (a,b) i bardziej upodobią się do obrazu z met6. Model met5c daje jednak krótsze czasy zakończenia eksplozji.

7.4.6 Klastry z A4 i ich łączenie

Klastry typu ro szybciej okazały się skuteczne i zaprzestano rozwijania koncepcji klastrów A4. Pozostawiło to ją w formie nazbyt uproszczonej, szczególnie w zakresie algorytmu łączenia tak wykrytych klastrów lokalnych. Otrzymane wyniki świadczą jednak, że koncepcja klastrów A4 daje narzędzia do rozróżniania zjawisk podczas małych lawin damage, zmieniających się w zależności od typu sieci i innych formuł ich konstruowania. To proste rozpoznanie może być przydatne do projektowania dalszych badań.

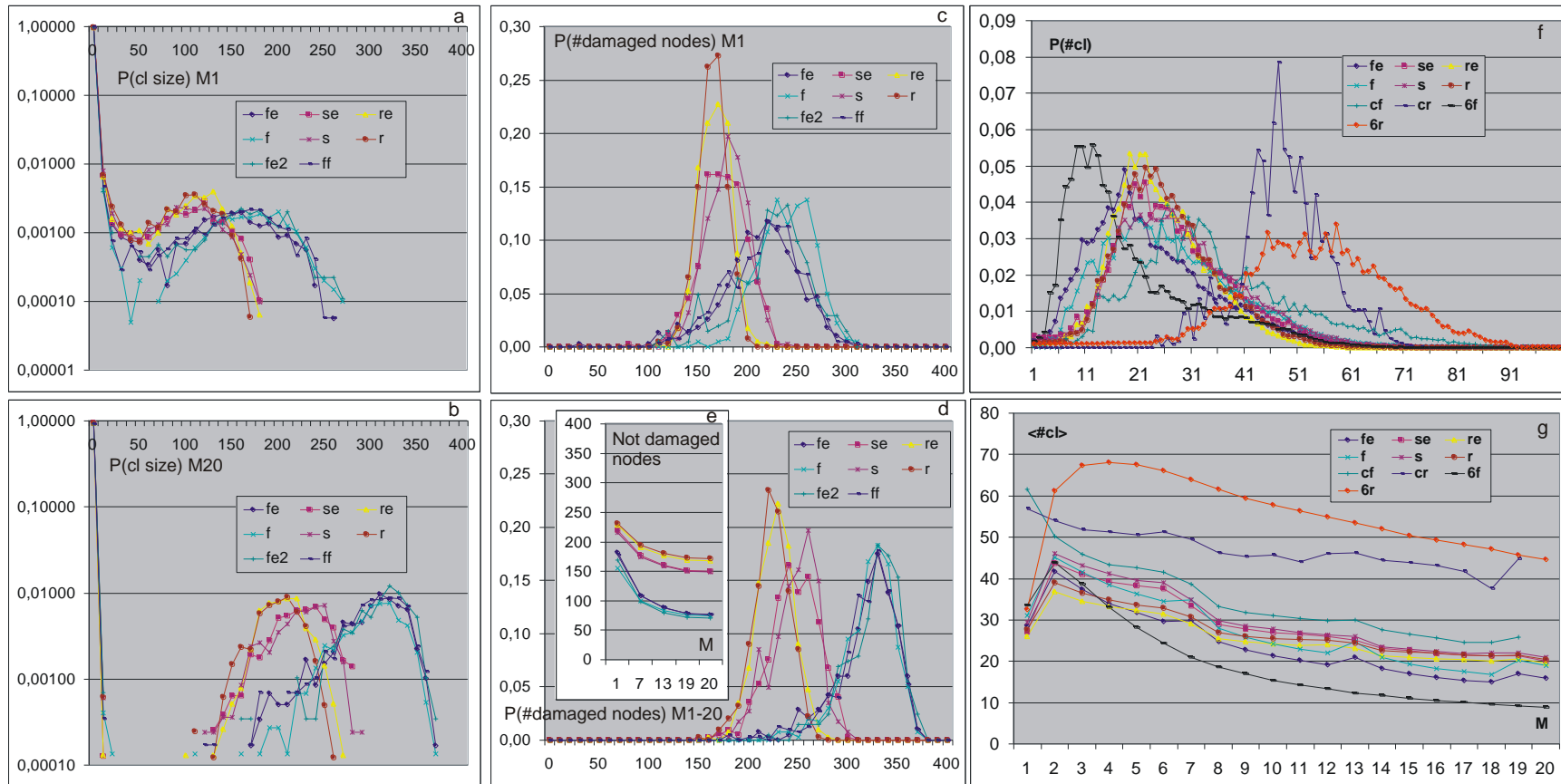


Rys.18. Porównanie obrazu klastrów lokalnych A4 w met7 z met5 (m5.rys.13) i met6 (m6.rys.3) z całego procesu od N do M20. W met5 dla serii 44 nie badano A4h, tylko A41 i zbierano dane dla wszystkich przypadków, łącznie z eksplozjami chaotycznymi. Badania w met7 dotyczą modelu zbliżonego do met5c 44 '4+7'.

(a,b) przedstawiają dane zbierane podobnie do m5.rys.13a,b. Sieć cf z met5 bardziej podobna jest tu w końcówce do sieci s i r obu modeli, jednak nie posiada wygięcia w okolicy 24, co lepiej widać na (a). Sieci fe, f, fe2 i ff mają wyraźnie dłuższy ogon.

(c,d) odpowiada m6.rys.3c,d. Tu obraz jest dla kumulowanych, głównie dla bardziej adekwatnego pomiaru A4h (z pominięciem pierwszych 100 kroków, gdzie dopiero formuje się dalej stabilny przebieg). Dla czytelności pominięto tu sieć s (i se), gdyż jest ona zbliżona do r. Tu też widać ww. wygięcie, jednak mniejsze, ale 1re i hre pokrywają się jak w (a) także se, s i r. W porównaniu do met5 i 6, wyniki met7 leżą wyraźnie bardziej w prawo: cf i 6f prawie pokrywają się z re; fe i f mają ogony powyżej i dłuższe. Pik na (c) wygląda niemal identycznie jak na m6.rys.3c.

W aspekcie klastrów A4 met7 różni się od met5 i 6 nieznacznie, głównie większym zakresem rzadko zdarzających się dużych klastrów lokalnych A4.



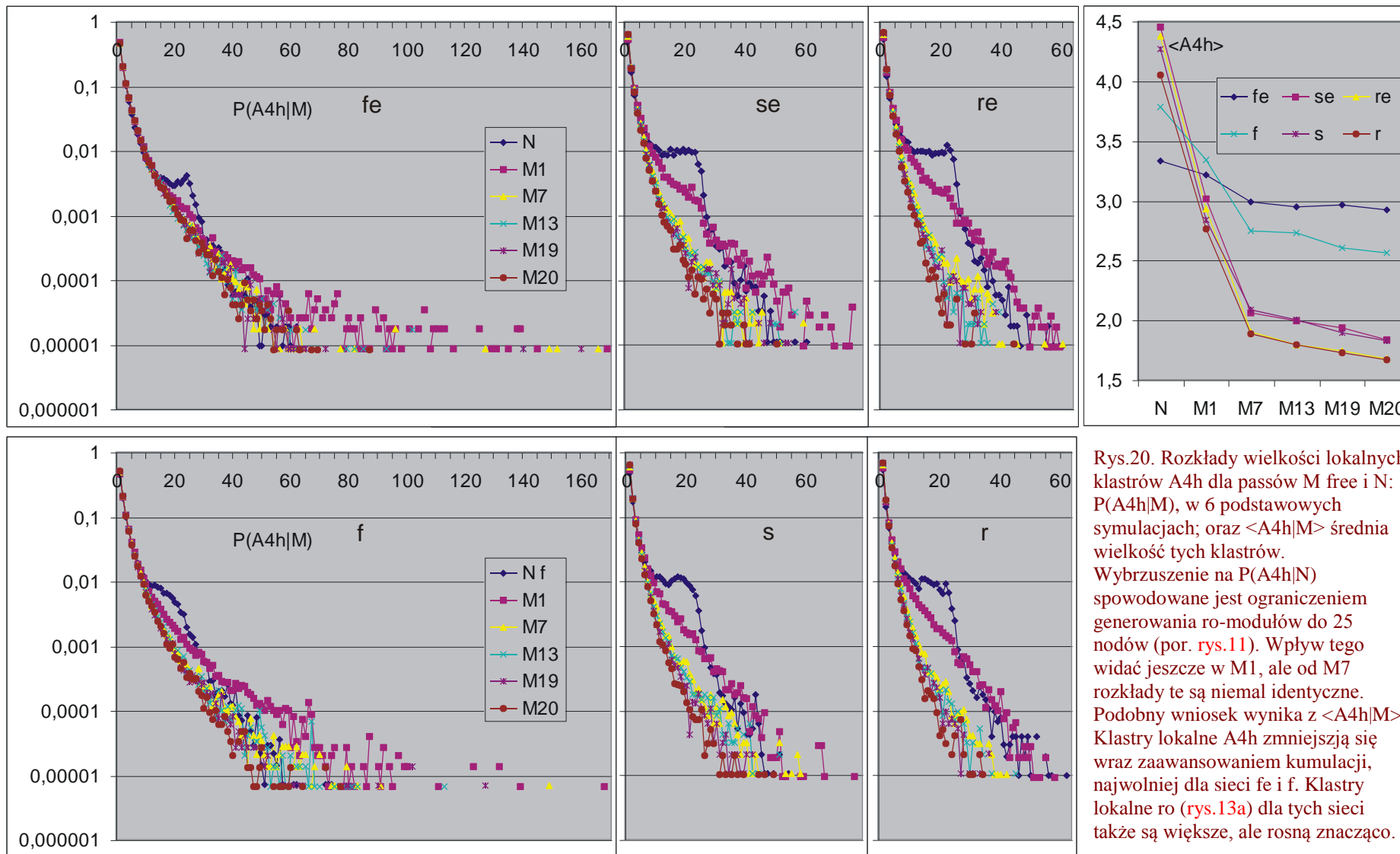
Rys.19. (a,b) - Rozkłady wielkości łączonych (globalnych) klastrow A4 na początku (a) i na końcu (b) procesu kumulacji. Tu dla zwiększenia statystyki sumowano po 10 kolejnych wartości. Wyniki te odpowiadają [m5.rys.14b,d](#), gdzie cf ma podobny przebieg (jednak tam jest to wynik dla serii met5 45 a nie 44 '4+7', do której podobne jest met6 i 7), oraz [m6.rys.4bd](#), gdzie obraz jest z grubsza podobny (tu dla porównania pokazano dane z met5 44 '4+7'). Zwykle (oprócz cr) na końcu pozostaje jeden wielki klastrow i kilkanaście do dwudziestu kilku klastrow małych. Prawdopodobnie poprawiając kryterium łączenia obraz byłby znacznie bardziej zróżnicowany i ciekawszy. (c,d) - Prawdopodobieństwo, że tyle nodów uległo damage w którejkolwiek chwili t od początku kumulacji do końca passu M1 włącznie (c) i do końca procesu kumulacji (d). (e) - Na podstawie danych jak (c,d) dla każdego passu free wyznaczono liczbę nodów, które w ogóle nie doznały damage (zmiany stanu względem wzorca) aż do wskazanego passu free. Wynik ten interpretacyjnie jest nieco analogiczny do [rys.13a](#) gdzie przedstawiono wielkość lodu dla klastrow ro (tam jednak jest to średni lód w danym passie). Dalej (f) rozkład liczby klastrow i (g) średniej liczby klastrow dla kolejnych passów M. Odpowiadają one [m5.rys.14e,f](#) (uwaga na model 45 a nie 44 '4+7' i pass N) oraz [m6.rys.4e,f](#) (te dane są tu włożone). W met7 w porównaniu do met6 i 5 nastąpiło ujednoczenie wyników – są one teraz bardzo zbliżone dla f i r.

Przypomnijmy: Lokalny klaster A4 to zbiór nodów, które po jednej inicjacji w efekcie kumulowanej nawet przez jedną chwilę miały stan odmienny od wzorca. Ich dopełnienie nie jest lodem, stany w tym dopełnieniu ulegają zmianom, ale zawsze pozostają zgodne ze wzorcem. Zaliczone do A4 nody mogą być lodem, jeżeli we wzorcu były aktywne. Są to więc nody składające się na damage, ale nie z jednej chwili jak A1, a z niemal całej trajektorii do tmx . A41 z całej; A4h od $t=100$, czyli po odcinku dochodzenia do stanu stabilnego, ta wartość wyznacza użyte do dalszego łączenia klastry lokalne. Spodziewano się, że nody biorące udział w odstępstwie od wzorca w wyniku jednej ini są wyraźnie silniej powiązane w aspekcie damage nie tylko dla tej konkretnej ini, stanowią więc pewien niży-moduł. Sposób łączenia takich klastrów lokalnych miał za kryterium wspólny nod. To założenie okazało się nazbyt uproszczone, co wynikało podczas bardziej zaawansowanych obserwacji klastrów ro i ich problemów w konstrukcji klastrów globalnych. Wtedy jednak uwagę skupiły już klastry ro i do rozbudowy algorytmów klastrów typu A4 nie wracano. Nie znaczy to jednak, że głębsze badania tej koncepcji są bezcelowe, ale do głównych celów podjętych badań okazały się zbędne. Łączenie klastrów lokalnych należałoby oprzeć na jakimś podobieństwie związanym z liczbą wspólnych nodów, tak, by sporadyczne uczestnictwo małej liczby nodów w innym klastrze globalnym nie niszczyło odrębności tych klastrów. Zarówno globalne klastry ro jak i A4 należy traktować jak pagórki w terenie a nie jako dokładnie oddzielone wyspy.

Obraz klastrów globalnych w użytej postaci odbiegał zwykle od pierwotnych oczekiwań, jednak dla sieci cr był bardzo zbliżony do oczekiwań. Tu było wiele klastrów o zbliżonych rozmiarach, a na [m5.rys.14b,d](#) i [m6.rys.4bd](#) sieć ta w obu modelach met5 45 i 44 nie miała prawego piku wielkości klastrów. Prawdopodobnie mechanizm tego prawego piku był przyczyną ogona piku lewego. W met6 i 7 sieci r mają już pik prawy osobny od lewego ([rys.19ab](#)) mimo braku wygiętego ogona ([m5.rys.13f](#); [m6.rys.3d](#); [m7.rys.18d](#)).

W met7 uzupełniono badanie klastrów lokalnych pokazując ich obecność w konkretnych agregatach w zakresie passów free ([rys.15b,g,h](#)). Dynamiczny rozkład wielkości klastrów lokalnych A4h wyraźnie rośnie nierównomiernie – te same rozmiary pojawiają się w wielu kolejnych kumulowanych inicjacjach co świadczy o obecności realnego klastra o takiej liczebności. Rozmiary klastrów A4h są jednak małe, dotyczą one tylko zmienianych nodów, a nie jak w przypadku ro – aktywnych, nie powstają więc podobnie wyraźne piki, jak dla klastrów ro. Lokalne klastry ro i A4h mają całkiem inną interpretację i ich porównywanie musi być ostrożne – klastry ro to nody związane wspólnym okresem, zwykle trwałym w kilku kolejnych kumulacjach i pojawiające się jednocześnie z podobnym okresem nawet po lodowej przerwie, więc obrazują funkcjonalny związek tych nodów ale nie dotyczą zmian po inicjacji (choć w wyniku ini ulegają zmianom). Są one badane i wykrywane po każdej kumulacji. Klastry A4h dotyczą jedynie zmiany po ini (badanej gdy jest kumulowana), także obrazują związek funkcjonalny, gdyż doznają odstępstwa od wzorca w wyniku jednej inicjacji, mogą jednak zmieniać kawałek klastra ro.

Podobnie do lodu w klastrach ro, w badaniu klastrów A4 występuje znacząca liczba nodów, które nie uległy damage podczas kumulacji od passu M1 do M20 ([rys.19e](#)). Podobnie do met5 ([m5.tab.1](#)), A41 dla eksplodujących ma dla se, re i f jedynie zliczenia dla 400, 399 i 398; dla s i r nawet tylko w 400. Sieci fe i fe2 sięgają do 380 a ff do 390. Poza tym zakresem zliczeń dokładnie brak. Lawina chaotyczna obejmuje więc praktycznie całą sieć, ale w modelu met7a (bez tax) więcej nodów bywa nie dotknięte damage. Przypadki kumulowane (czyli akceptowane, tj. $A1 < \text{progu}$, oraz nie PAS i z dostatecznie dużym atraktorem globalnym) mają rozkład A4h pokazany na [rys.18d](#). Suma wszystkich nodów, które uległy damage w przypadkach kumulowanych w passie M1 lub w całym procesie kumulacji do M20 włącznie ma rozkład pokazany na [rys.19cd](#).



Rys.20. Rozkłady wielkości lokalnych klastrow A4h dla passow M free i N: $P(A_{4h}|M)$, w 6 podstawowych symulacjach; oraz $\langle A_{4h} \rangle$ średnia wielkość tych klastrow. Wybrzuszenie na $P(A_{4h}|N)$ spowodowane jest ograniczeniem generowania ro-modułów do 25 nodów (por. rys.11). Wpływ tego widać jeszcze w M1, ale od M7 rozkłady te są niemal identyczne. Podobny wniosek wynika z $\langle A_{4h} \rangle$. Klastry lokalne A4h zmniejszają się wraz zaawansowaniem kumulacji, najwolniej dla sieci fe i f . Klastry lokalne ro (rys.13a) dla tych sieci także są większe, ale rosną znacząco.

7.4.7 Próby znalezienia w passie N wskaźnika późniejszego odstępstwa od met5 dla f

Poszukiwanie parametru pominiętego przy generowaniu ro-modularności powinno prowadzić przez wskazanie zjawiska obecnego w początkowym passie N (lub M1), którego intensywność koreluje z zaburzającym mechanizmem mech2 uwidocznionym przez zakres lodu w M20 (rys.12f). Takimi czynnikami mogą być: 1- liczba aktywnych ro-modułów bezpośrednio po ich wygenerowaniu (Tu podobieństwo serii fi i fu o różnych minimalnych liczbach aktywnych ro-m. (tab.2) sugeruje, że tak nie jest (rys.12f), fe2 przesuwają w dobrym kierunku od fe - rys.12.b, ale znikomo, w zasadzie w granicach błędów); 2- wielkość lodu w N (rys.12a). Są to parametry dostępne bezpośrednio po generacji ro-modularności i mogą być użyte do ewentualnego eliminowania takiego wyniku generowania. Dalej na krokodylach zwrócił uwagę zwykle większy poziom wygasania w przypadkach, które później miały silny spadek zawartości lodu. Tę sugestię podpierał fakt, że wygasania jest tu istotnie więcej niż w met5. Także w przypadkach chaotycznych w met7a i b (X,S,T,F) niebieskie punkty $A1=0$ na rys.8e,f są bezpośrednio pod czerwoną linią akceptowanych. To mało dokładne spostrzeżenie wymagało sprawdzenia statystycznego: 3- $A1h0$ to średni % wygasłych ($A1=0$) na odcinku 200 ostatnich kroków przed tmx. Na krokodylach M poziom $A1=0$ pokazuje niebieska krzywa (rys.15), w N są to niebieskie punkty. Dalej można spodziewać się, że 4- wielkość początkowego atraktora także może mieć wpływ na dalsze losy; 5- wystąpienie większych lokalnych klastrów ro powinno świadczyć o braku odporności ścianek ro-modułów, co prawdopodobnie jest drogą do dryfowania w kierunku mech2, jako likwidacji głównej części ro-modularności i przyjęcia stanu zbliżonego do met6; 6- liczba stanów 0 obrazuje odstępstwo sieci od stanu losowego jako niepożądany efekt uboczny wynikający z algorytmu generowania ro-modularności, należy wykluczyć wniosek, że powstanie mech2 jest skutkiem tego efektu.

Zdefiniowanie zjawisk w M1 aktywnie przekształcających sieć z zadanego ro-modularności w stan stabilny już od M7 jest pociągające, ale w zasadzie nie udało się i czeka na następów.

Wyniki pokazuje tabela 5 i rys.21, głównie rys.21a, na którym przedstawiono na przykładzie f względne wychylenie średniej danego parametru dla przedziału lodu w M20 (oś pozioma) do średniej z całego M20. Pozwala to łatwo porównać zdolności przewidywania poszczególnych badanych parametrów. Wyróżniają się tu dwa z nich: $A1h0$ i liczba lokalnych klastrów ro, których wielkość przekracza 80 nodów (>80). Nieco słabszy jest ' >50 ', natomiast podobny ' >150 ' ma już zbyt małą statystykę. Liczba aktywnych ro-modułów ma małe znaczenie, natomiast atraktor w f wydaje się atrakcyjny, jednak są to fluktuacje, co obrazuje tab.5a dla fe i se - nie powtarza dla innych sieci obrazu z f. Jak widać z tab.5a, poziom stanów 0 nie koreluje z wielkością lodu w M20. Tak więc do dalszej analizy przeszły jedynie $A1h0$ i >80 .

Zadaniem tych badań było znalezienie dodatkowego kryterium przy generowaniu ro-modularności, które wycięło by mech2, jako mechanizm praktycznie nieobecny w met5. Takie kryterium wytnie część agregatów z 400 skutecznych, ma wyciąć jak najmniej, najpóźniej po passie N, tak, by średnia lodu w M20 była jak największa. Rys.21g pokazuje zakres takiego kryterium – ma się ono mieścić pomiędzy górną krzywą 'M20' pokazującą średnią w M20, gdyby dopuszczono jedynie tyle przypadków o największym lodzie, co wskazuje oś pozioma; a dolną krzywą 'org', która wynika z losowego ustawienia przypadków, tak, jak się pojawiły w tej symulacji. W najważniejszym odcinku największego lodu kryterium $A1h0$ okazało się jednak lepsze od >80 . Wynika to z wielkości i charakteru rozrzutu pokazanego na rys.21b,c.

Jak widać na rys.21d, zjawisko $A1h0$ nasila się radykalnie wraz z kumulacją i w N ma jeszcze małą siłę, jednak już nadaje się do użytku, ale jedynie statystycznie z uwagi na rozrzut (rys.21b). Wszystkie badane parametry mają ten rozrzut, nie ma wśród nich porządnego kryterium o charakterze przyczynowego czynnika w dobrze uwarunkowanym mechanizmie. Wstępne wyniki skuteczności kryterium $A1h0$ pokazuje tab.5b, a wyniki w ostatnich wynikowych symulacjach - tab.5c. Parametr $A1h0$ nie jest a priori znany przed dopuszczeniem wygenerowanego stanu do badań, a dopiero po zbadaniu passu N. Wskazuje on, że wygasanie ma istotny udział w mech2 (patrz rozdz.7.4.5, tab.4 i rys.17).

Tabele 5b,c pokazują, że dopuszczenie do analizy ro-modularności jedynie przypadków, które w N mają średnie wygasanie mniejsze od 15 wystarcza, by obraz był zbliżony z oczekiwanym. Niestety, parametr ten nie pokazuje jak zbudować sieć o takiej własności. Ponadto, jest to parametr statystyczny o słabej mocy, co widać z tab.5bc.

Oprócz sprawdzenia pojedynczych parametrów, wykonano także proste rozpoznanie korelacji dwuparametrycznej. W tym celu zbadano 19 parametrów powstałych jako iloczyny parametrów pojedynczych. Rys.21e pokazuje ich siłę w podobny sposób jak rys.21a. Nie jest zaskoczeniem, że iloczyn najsilniejszych pojedynczych parametrów jest tu najsilniejszy, ale świadczy to także, że nie znaleziono tak lepszej korelacji podwójnej, która mogła być niewidoczna w badaniach każdego parametru osobno. Rys.21f pokazuje rozrzut takiego iloczynu $A1h0^{*'}>80$, który wygląda bardziej obiecująco od pokazanych wyżej (rys.21b,c). Jednak na rys.21g jego skuteczność okazała się mniejsza od samego $A1h0$ w najważniejszym odcinku. Mogło wynikać to z początkowych wartości 0 w ' >80 ', które likwidowały informację wnoszoną przez $A1h0$, skorygowano więc ten parametr do $A1h0^{*}(>80+1)$, co rzeczywiście istotnie poprawiło jego skuteczność, ale osiągnęła ona jedynie poziom zbliżony do samego $A1h0$ (rys.21g).

Dla sieci r rozrzut lodu w M20 był tak znikomy, że brak jest wyników takich jak w tab.5a i rys.21, ale są w tab.5b, i brak wyraźnej obecności mech2, choć na rys.11 widać dużą zmianę między N a M7.

Tab.5. Poszukiwanie kryterium eliminacji przypadków mech2 na podstawie korelacji z poziomem lodu w M20.

	range	ev	ice M20	ice N	A1h0N	>50	>80	act.ro-m.	atr	#0
f	400-351	83	381	370	15,23	1,90	0,77	2,76	111	337890
	350-301	10	325	369	18,90	1,40	0,70	2,70	121	339511
	300-251	23	269	370	17,91	1,96	0,65	2,57	65	337647
	250-201	77	222	366	20,06	2,30	1,14	2,91	78	336014
	200-151	108	176	363	22,63	2,68	1,54	2,91	84	337922
	150-101	74	123	360	27,22	2,73	1,70	2,82	72	338590
	100- 51	25	87	358	29,16	2,92	1,88	2,96	86	337543
fe	400-351	33	382	369	27,97	1,73	1,15	2,21	160	341615
	350-301	6	315	368	32,83	1,50	1,00	2,17	107	341927
	300-251	15	273	374	24,93	1,93	0,87	1,93	177	345973
	250-201	41	222	371	29,95	1,93	1,29	1,90	86	343624
	200-151	91	173	370	37,80	1,67	1,05	1,73	128	344957
	150-101	129	126	369	39,88	1,88	1,22	1,81	116	346002
	100- 51	81	85	366	43,67	2,02	1,42	2,00	208	344901
se	400-351	327	383	358	13,63	0,43	0,02	3,06	160	307666
	350-301	59	330	355	17,42	0,59	0,05	3,00	107	308454
	300-251	13	283	353	18,54	0,77	0,08	3,08	177	308908

praktycznie wszystkie przypadki są w najwyższym przedziale. Jak widać, z badanych wskaźników jedynie A1h0, >50 i >80 wykazują wyraźną korelację (rys.21).

range A1h0 in N	f		s		r	
	ice in M20	events	ice in M20	events	ice in M20	events
1 - 9	314,3	12	376,4	54	387,0	49
10-14	312,3	19	369,4	95	385,1	82
15-19	215,3	43	352,2	43	383,2	58
20-24	195,6	47	335,4	8	375,4	11
25-29	171,2	35				
30-34	172,1	25				
35-52	173,0	19				

(b) Skuteczność kryterium A1h0 zmierzonego w passie N dla poziomu lodu w M20 sieci f, s i r (jedna z początkowych symulacji do 200 agr). Jak widać ograniczenie A1h0<15 daje średni lód dla f na poziomie powyżej 310. Dla sieci s i r A1h0 pracuje monotonicznie. Jest to jednak wskaźnik a'posteriori (po passie N) a nie algorytmiczny warunek w fazie konstrukcji ro-modularności. Podano liczbę przypadków z 200 dla oceny dokładności, ale rozrzut lodu jest znaczny, np. dla przedziału f 10-14 wynosi tu 218-390, a w 15-19 dla f: 114-389, s: 270-395, r: 341-396, co jest typowe. Przy czym minimalny lód dla f: 68, s: 220, r: właśnie 341. Wskaźnik A1h0 jest więc czynnikiem statystycznym o małej sile. Patrz też rys.21.

(a) Poszukiwanie korelacji pomiędzy zakresem lodu (range) na końcu ewolucji w M20 (ev-liczba przypadków, ice M20 – średni lód w M20)

a średnimi na kumulację:

- 1- wielkości lodu w passie N (ice N);
- 2- A1h0 – % wygaśnięć (A1=0) w passie N na ostatnich 200 krokach;
- 3,4- liczby lok. klastrów ro, których wielkość jest większa od 50 lub 80;
- 5- liczby aktywnych ro-modułów po ich wygenerowaniu;
- 6- długości wygenerowanego atraktora globalnego;
- 7- liczby stanów =0 nodów w trajektorii po kumulacji.

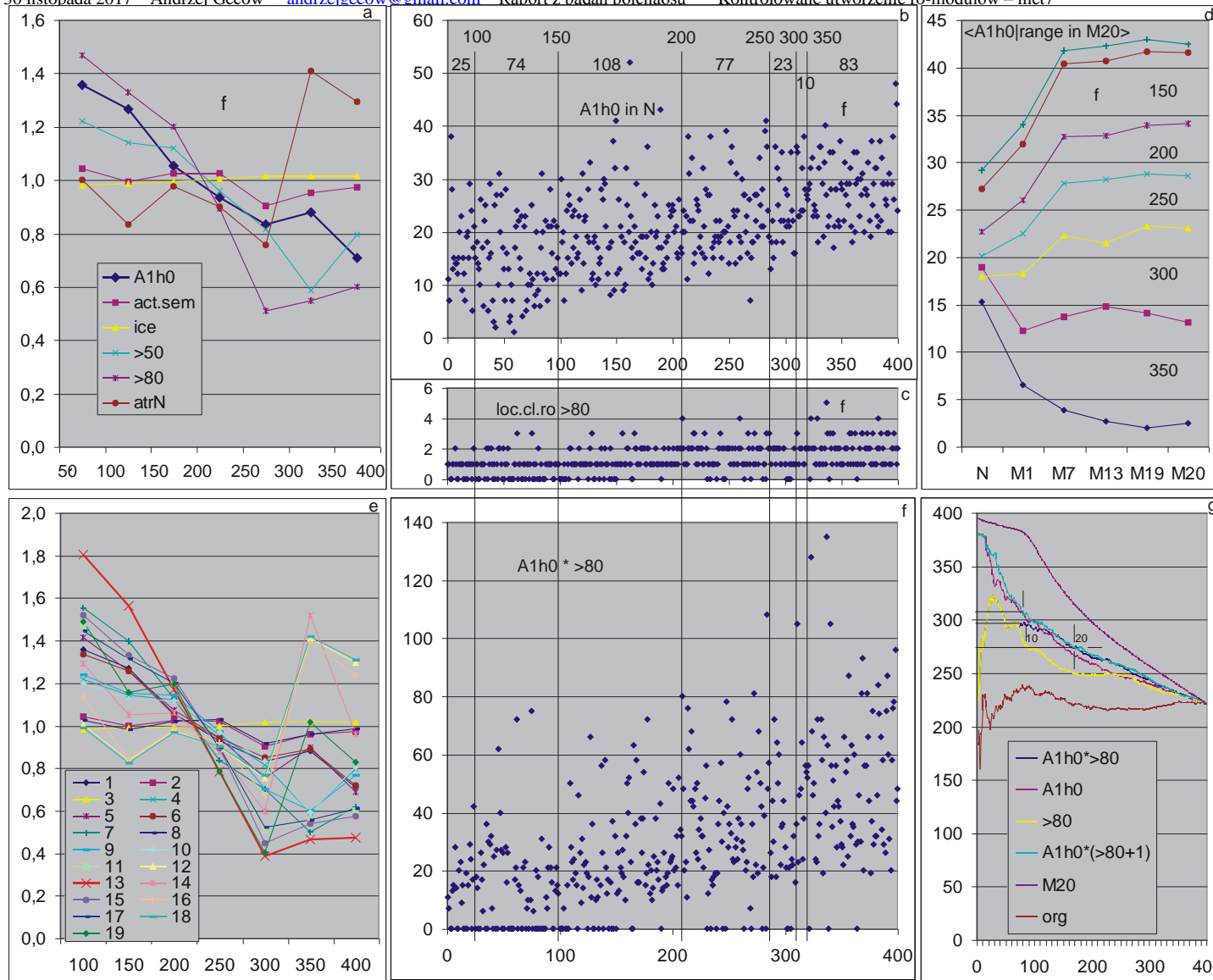
Dla oszacowania dokładności wyników podano liczbę przypadków (ev), która dla niektórych przedziałów jest bardzo mała (rys.12f). Wyniki dla symulacji f, fe i se. Dla s są podobne do se, natomiast analiza sieci typu r jest pominięta, gdyż

	range	ev	ice M20	ice N	A1h0N	cut M20	cut ev	act.ro-m.	>50	#0
f	1-9	28	343	377	6,21	343	28	2,71	1,43	337246
	10-14	51	287	370	12,18	306	79	2,96	2,24	335987
	15-19	90	231	365	17,02	267	169	2,96	2,62	335910
	20-24	95	207	364	21,89	245	264	2,82	2,45	338392
	25-29	72	187	362	27,08	233	336	2,74	2,58	339369
	30-34	32	168	359	31,81	227	368	2,84	2,25	337322
	35-52	32	153	357	38,19	221	400	2,72	2,41	340078
fe	1-9	5	229	381	8,20	229	5	1,40	1,40	343504
	10-14	9	319	376	12,67	287	14	2,00	2,22	342673
	15-19	15	238	375	16,87	262	29	1,93	2,33	345541
	20-24	29	217	369	21,86	240	58	2,14	2,24	341102
	25-29	44	198	369	27,14	222	102	2,05	2,05	343598
	30-34	59	169	369	31,86	202	161	1,75	1,92	343385
	35-67	239	142	368	45,62	166	400	1,85	1,71	345983
se	1-9	73	382	371	7,19	382	73	2,52	0,34	306480
	10-14	150	375	360	12,20	377	223	2,91	0,44	307120
	15-19	115	368	351	16,86	374	338	3,45	0,53	307687
	20-24	42	357	348	21,52	372	380	3,31	0,57	310349
	25-29	16	355	341	26,44	372	396	3,44	0,63	312732
	30-34	4	355	348	32,25	371	400	2,50	0,50	316501

(c) Skuteczność kryterium eliminacji A1h0. Zakres A1h0 (range), ev- liczba przypadków w zakresie, ice M20, N- średni poziom lodu, średnie A1h0. Jeżeli zastosować eliminację przypadków z wyższych zakresów, to średni poziom lodu wynosiłby w M20 'cut M20', a zaliczonych przypadków z 400 byłoby 'cut ev'. Porównanie z (b) pokazuje dokładność takich metod. W takim podziale zakresów średnie: liczby aktywnych ro-modułów, klastrów lok. ro >50 i liczby stanów zerowych wskazują ostatnie kolumny.

range	ev	A1h0*>80	ice M20	cut M20	cut ev
1-9	83	0,87	296	296	83
10-19	72	15,26	257	278	155
20-29	84	24,11	225	259	239
30-39	49	33,94	179	246	288
40-135	112	60,69	158	221	400

(d) Uszeregowanie dla f według $A1h0 * '>80'$. Dokładniej przedstawia to rys.21g. Użycie złożenia kryteriów A1h0 i >80 okazuje się mniej skuteczne od czystego A1h0.



Rys.21. Wyniki poszukiwania dodatkowego kryterium w passie N odrzucającego mech2, na przykładzie f. (a) – Odstępstwo średnich dla przedziałów lodu w M20 od średniej dla M20 dla kilku badanych parametrów w passie N. Najważniejszy z nich, to A1h0 – (patrz tab.5) średni % wygasłych (A1=0) na ostatnich 200 krokach przed tmx. Dla przypadków chaotycznych jest on zwykle bliski 90, więc gdyby mech2 był związany z chaosem powinien mieć też związek z A1h0. Jak widać na (a) związek A1h0 i mech2 jest zdecydowany, a na (d) widać, że silnie różnie on z kolejnymi passami, jednak na kryterium słabo się nadaje, gdyż rozrzut jest zbyt duży, co widać na (b). Można by użyć wartości około 25, jednak pozostawiła by ona sporą liczbę przypadków małego lodu w M20 i wycięła także sporą liczbę przypadków z wielkim lodem. Drugim kandydatem na kryterium mogłaby być liczba lokalnych klastrów ro większych od 80 nodów, jednak parametr ten ma słabą statystykę i lepiej przedstawia to zjawisko liczba większych od 50 nodów. Tu także rozrzut (c) jest zbyt duży. Na (c,d) oś pozioma to numer agregatu ustawionego w kolejności wielkości lodu w M20. Pionowe linie dzielą wyniki na przedziały wielkości lodu w M20 opisane na górze tych linii, a poniżej liczby agr

w każdym z przedziałów (rys.12f). Na (d) granice tych przedziałów podane są pomiędzy liniami wykresów opisanymi w ten sposób. Problem rozrzutu dotyczy wszystkich badanych parametrów i to on głównie uniemożliwia dodanie zadowalającego kryterium. Poziom lodu, liczba aktywnych ro-modułów i wielkość atraktora w N nie wykazują związku ze stanem lodu w M20. Poziom lodu po utworzeniu ro-modułowości na wykresach typu (a) we wszystkich badanych sieciach jest podobnie niemal równy 1, natomiast dwa pozostałe parametry wykazują losowe fluktuacje i np. odstępstwo wielkości atraktora na (a) dla f nie powtarza się dla fe ani dla se badanych dokładniej. Charakter tych wyników dla fe i se jest bardzo zbliżony i nie ma powodów ich tu pokazywać.

7.5 Podsumowanie

Zadania met7 sformułowane we 7.1. Wstępie to:

- 1 – kontrolowane zbudowanie stanu ro-modularności (rozdz.7.2) wskazanego w met5;
- 2 – sprawdzenie jego stabilności bezpośrednio po skonstrowaniu (rozdz.7.3) oraz potwierdzenie mechanizmu ro-modularności, w którym małe atraktory ro-modułów (lokalne) szybko wprowadzają trajektorię w już przetestowany zakres i blokują tym dalsze eksplozje, ale ich złożenie w globalny atraktor całego systemu może dawać dużą długość takiego atraktora;
- 3 – sprawdzenie stabilności wygenerowanego stanu i mechanizmu ro-modularności w trakcie kumulacji małych zmian (rozdz.7.4 - met7e od evolution).

Ro-modularność to jedna z form półchaosu, której podstawą jest mechanizm ro-modularności. Jest to więcej niż sama modularność, wymaga łodu w którym z pomocą modułów powstają jeziora aktywności. Półchaos to specyficzny stan sieci, której parametry, gdyby była w pełni losowa, kwalifikowałyby ją jako silnie chaotyczną, charakteryzującą się jednoczesnym występowaniem w podobnej skali reakcji uporządkowanej i chaotycznej na małe zaburzenia permanentne. Badane są tu sieci autonomiczne Kauffmana, ale liczba równoprawdopodobnych wariantów sygnałów s nie jest ograniczona do 2, przez co sieci te nie są tylko Boolean (logiczne). Badany jest wariant $s=4$, $K=3$ (ustalona liczba wejść do każdego nodu w sieci) dla sieci typu scale-free (f), random Erdosa-Renyi (r) i single-scale (s). Wyjście ze stanu ro-modularności po drobnej zmianie funkcji powoduje, że sieć staje się klasycznie chaotyczna. Dla pozostawiania w stanie ro-modularności wystarczy akceptować drobne zmiany dające damage poniżej progu równego w przybliżeniu połowie damage w równowadze chaotycznej Derridy. Naturalny podział na przypadki chaotyczne i uporządkowane jest radykalny, przedział pośrednich damage jest całkiem nieobsadzony, przez co wielkość progu jest w dużych granicach dowolna (rys.1a,b; 9a).

7.5.1 Zbudowanie ro-modularności

Wskazania budowy ro-modularności z met5 okazały się zgrubne i do uzyskania algorytmu trzeba było zrobić wiele dodatkowych założeń upraszczających. Są to głównie arbitralne wybory parametrów ograniczających (maksymalna wielkość ro-modułu, atraktora lokalnego, minimalna liczba aktywnych ro-modułów, minimalny atraktor globalny); oraz arbitralne wybory parametrów tax wymuszenia okresu lokalnego, które jednak okazało się zbędne. Te parametry wskazuje tab.2, ale ponadto sam algorytm jest dużym uproszczeniem. Wspomniane parametry w naturze nie powinny być sztywne, ale zadane rozkładami, o których na razie nic nie wiadomo. Nawet, gdyby wyznaczone były z met5, to wynikałyby z wyjątkowego, arbitralnego warunku początkowego jakim było PAS0. Istotną różnicą z met5 jest konstrukcja ścianek ro-modułów, którym narzucono silne zwężenie funkcji. Takie podejście wynikało z założenia możliwie różnych liczb pierwszych wymuszających okresy ro-modułów. Te dwa założenia konstrukcyjne mają silny wpływ na wyniki, co pokazał dobór tax (tab.2) i prawdopodobnie są przyczyną zauważalnej odmienności wyników met7e i met5c. Dużym zaskoczeniem było stwierdzenie, że wymuszanie małych atraktorów w ro-modułach (procedura z użyciem tabeli tax) jest zbędne. Wymusiło to powtórzenie badań dla prostszego modelu, który jako podstawowy został nazwany ‘a’ (patrz rozdz.7.3.5). Wykazuje on jednak większe odstępstwa od met5, więc pierwotny model ‘b’ można traktować jako próbę zbliżenia wyników do zadanej postaci z met5.

Mimo pewnych różnic z met5, w tym obecności nowych mechanizmów (meh2) i nasilenia pomijalnych w met5 zjawisk (brak wykrytego atraktora globalnego) można uznać, że wizja ro-modularności, na bazie której w kontrolowany sposób został on zbudowany, okazała się słuszna. Wydaje się jednak, że postać ro-modularności w met5 jest „czystsza” i do jej kontrolowanego uzyskania, szczególnie w sieci f , należy dopracować algorytm, prawdopodobnie w zakresie funkcji nodów ścianek. Poszukiwanie dodatkowych kryteriów konstruowania ro-modularności na podstawie głównej cechy mech2 – istotnego ‘roztopienia lodu’ obserwowanego w badaniach ewolucji, wykazały jedynie, że mech2 ma związek z podwyższonym występowaniem wygasania wielokrotnego, nie dały jednak skutecznego, algorytmicznego kryterium przy konstruowaniu ro-modularności.

7.5.2 Stabilność uzyskanej ro-modularności bez ewolucji

Stabilność uzyskanego ro-modu nie wynika z nie do końca losowych funkcji przypisywanych nodom ani z dobierania stanów początkowych aż do skutku, czyli także nie całkiem losowych. Stabilność ta jest wynikiem uzyskanego stanu systemu. Po jego opuszczeniu (X), lub po zmianie stanów początkowych (S), albo po przesunięciu funkcji na inne nody z pierwotnym stanem początkowym (T), mimo pozostawienia funkcji, system zachowuje się jak chaotyczny (F), gdzie funkcje są losowe.

Na wykresie (rys.1) rozmiarów damage ($P(A1 \text{ at } t_{mx})$) kształty pików lewego i prawego oraz pusty obszar pomiędzy nimi są bardzo zbliżone do oczekiwanych, wskazanych w met5. Potwierdza to obecność w wygenerowanym stanie ro-modularności trybu uporządkowanego i chaotycznego jednocześnie w tej samej sieci i w podobnej skali (rys.1c,d). Obecność uporządkowanego trybu reakcji na małe zaburzenie w skali zbliżonej do alternatywnego trybu chaotycznego jest głównym novum przedstawianej koncepcji i podstawowym przedmiotem badań, które mają potwierdzić jego istnienie i podstawowe własności.

7.5.3 Potwierdzenie mechanizmu blokowania eksplozji małymi atraktorami lokalnymi mimo dużego atraktora globalnego

Istotą mechanizmu ro-modularności mającą znaczenie wyjaśniające jest obecność krótkich atraktorów ro-modułów, tak krótkich, że liczba wystąpień wejściowego stanu nodu, dla którego wprowadzono permanentną zmianę (punktową – bo dla jednego stanu wejściowego jednego nodu) jest tak mała w ramach tego atraktora, że wygaśnięcie zmiany (damage) dla wszystkich tych w zasadzie niezależnych przypadków ma niezaniebnywalne prawdopodobieństwo. Podczas badań okazało się, że nadzieja na jedno proste wyjaśnienie jest zwodnicza, a badane zjawiska wykazują bogactwo uzależnień i mechanizmów. Jednak ta uproszczona wizja okazała się (rozd.7.3.4) z grubsza poprawna. Przekonująco pokazuje to głównie rys.6 gdzie dla ro-modularności prawdopodobieństwo eksplozji chaotycznej spada systematycznie, a dla sieci w stanie chaotycznym po zakresie pierwszej inicjacji pojawia się znacznie wolniej malejący udział eksplozji z inicjacji wtórnych.

7.5.4 Stabilność ro-modularności podczas ewolucji – kumulowania zmian ‘małych’

Atrakcyjność zastosowania stanu ro-modularności do opisu obiektów żywych wymaga wykazania, że stan ten może ewoluować dostatecznie długo bez systematycznej konieczności wyjścia systemu z niego. Tą własność wykazały już badania met5 w stosunku do stanu uzyskanego poprzez wyjście z PAS0 (ogólnie z PAS – Point Attractor System). Teraz stan ro-modularności został wygenerowany określonym algorytmem, który nie necessarily musi mieć wszystkie własności tego, uzyskiwanego z PAS, w tym, stabilności wraz z ewolucją, więc tą ważną własność trzeba było sprawdzić w nowych warunkach.

W ewolucji badanej tak samo jak w met5 stabilność pozostaje podobnie jak w met5, jednak w początkowej fazie wyraźnie zaznacza się przejście stanu systemu z określonego przez algorytm generujący ro-modularność do nieco innego stanu, który już dalej praktycznie się nie zmienia. Mimo poszukiwań (głównie rozdz.7.4.7) nie udało się uchwycić czynnika lub warunku, który wprowadzony do algorytmu generowania ro-modularności dałby ten stan od razu. Świadczy to o niekompletności tego algorytmu i naszego rozumienia ro-modularności, jednak wystarczalność tego algorytmu, tak jak i wyjścia z PAS, została potwierdzona. Ewolucja sama doprowadza do stanu, który już nie wykazuje dalszych zmian, a przez cały ten proces stan systemu wykazuje podstawowe własności ro-modularności.

7.5.5 Inne wykryte mechanizmy

Oprócz mechanizmu wskazanego w met5 i nazwanego ro-modularnością, stan wygenerowany badanym tu algorytmem wykazywał obecność innych mechanizmów, nie obserwowanych w met5 i, wydaje się, nie związanych bezpośrednio z rozumieniem mechanizmu ro-modularności. Wśród różnych objawów najważniejszym jest znacznie silniejsze topnienie lodu w znacznej liczbie przypadków głównie sieci typu f. Sieci typu s i r prawie nie manifestują obecności tego mechanizmu. Możliwe, że znalezione różne objawy wynikają nie z jednego mechanizmu, ale raczej mają one wspólną przyczynę i wspólny charakter. Założono więc roboczo, że jest to jeden mechanizm, nazwano go ‘mech2’ i badano głównie korelacje z jego główną cechą. Można przypuszczać, że to ten mechanizm odpowiada za zmianę stanu systemu na początku ewolucji, wspomnianą wyżej.

Wykazano, że ma on związek z istotnym podwyższeniem względem met5 poziomu wygasania wielokrotnego (parametr A1h0 w rozdz.7.4.7). Prowadzi do powstania bardzo dużych klastrów ro i to już na początku procesu (tamże parametr ‘>80), co pozwala użyć te dwa kryteria do statystycznego przewidywania odstępstw od obrazu z met5 na końcu ewolucji met7e. Takie wielkie klastry powstają kosztem lodu tworzącego ścianki między ro-modułami i prawdopodobnie niektórych ro-modułów, co upodabnia sytuację do badanej w met6, gdzie do stabilności wystarczył mały atraktor bez ro-modularności. Można podsumować, jak w met6, że możliwości tworzenia stanu półchaosu stabilnego ewolucyjnie, z którego nie wyprowadzają małe zmiany (charakterystyczne w ewolucji organizmów żywych) nie ograniczają się do ro-modularności (met4 i 5), czy modularności (met3, met8), ale istotą tego stanu jest mały atraktor.

7.5.6 Klastry ro i A4 – sprawdzenie interpretacji ro-modularności

W met5 koncepcja ro-modularności wyprowadzona została na podstawie obserwacji powstawania klastrów nodów powiązanych funkcjonalnie na tyle, że zmiany inicjujące rzadko wychodzą poza taki klastro. Początkowo badano klastry A4, oparte o taką właśnie koncepcję. Parametr A4 to liczba nodów, która wzięła udział w damage od inicjacji do t_{mx} – końca badanego odcinka trajektorii. W met6 i met7 ograniczono ten przedział wyłączając z niego 100 początkowych kroków, w których przebiegi były niestabilizowane, dochodziły do atraktora. Jednak metoda łączenia takich klastrów lokalnych (po jednej inicjacji kumulowalnej) w twór bardziej charakteryzujący system i podsumowujący wiedzę z jego historii – klastry globalne A4, okazała się zbyt prosta i powstawał obraz mało adekwatny.

Znalezienie w met5 lokalnych klastrów ro opartych na jednakowym okresie zmiany stanu nodów dał znacznie skuteczniejsze narzędzie, skupiono się więc na nim i nie rozwijano dalej metod klastrów A4. W met7 klastry ro lokalne i globalne były obserwowane na wiele sposobów (głównie rozdz.7.4.2) i dały szerokie podstawy do obrazu funkcjonowania ro-modularności. W pełni potwierdziły realność istnienia podczas ewolucji twórow o charakterze ro-modułów i związek tych klastrów globalnych z ro-modułami wygenerowanymi na początku przez algorytm.

Bibliografia

- Barabasi-Albert** A.-L. Barabási, R. Albert, H. Jeong, 1999. Mean-field theory for scale-free random networks. *Physica A* 272, p.173–187.
- Derrida** B. Derrida, Y. Pomeau, 1986. Random Networks of Automata: A Simple Annealed Approximation. *Europhys. Lett.*, 1(2), p.45–49.
B. Derrida, G. Weisbuch, 1986. Evolution of Overlaps Between Configurations in Random Boolean Networks. *Journal De Physique* 47, p.1297–1303.
- Erdos-Renyi** P. Erdős, A. Rényi, 1960. Random graphs. *Publication of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Science*, 5, p.17–61
- Hughes00** T. R. Hughes et al., 2000. Functional discovery via a compendium of expression profiles. *Cell* **102**, p.109-126.
- Kauffman 1969-71** S.A. Kauffman, 1969. Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets. *J. Theor. Biol.* 22, p.437-467
S.A. Kauffman, 1971. Gene regulation networks: a theory for their global structure and behaviour. *Current topics in dev. biol.* 6, p.145.
- ooKauf** S.A. Kauffman, 1993. *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*. (Oxford University Press New York)
- Ramo06** P. Rämö, J. Kesseli, O. Yli-Harja, 2006. Perturbation avalanches and criticality in gene regulatory networks. *J. Theor. Biol.* **242** p.164-170
- Serra04** R. Serra, M. Villani, A. Semeria, 2004. Genetic network models and statistical properties of gene expression data in knock-out experiments. *J. Theor. Biol.* 227, p.149-157
- Serrajtb07** R. Serra, M. Villani, A. Graudenzi, S. A. Kauffman, 2007. Why a simple model of genetic regulatory networks describes the distribution of avalanches in gene expression data. *J.Theor.Biol.* **246** 449-460
- Iguchi07** K. Iguchi, SI. Kinoshita, H. Yamada, Boolean dynamics of Kauffman models with a scale-free network. *J. Theor. Biol.* 247, 138-151, (2007)
- arj** A. Gecow, 2010. More Than Two Equally Probable Variants of Signal in Kauffman Networks as an Important Overlooked Case, Negative Feedbacks Allow Life in the Chaos. [arXiv:1003.1988v2](https://arxiv.org/abs/1003.1988v2)
- brj** A. Gecow, 2010. Complexity Threshold for Functioning Directed Networks in Damage Size Distribution. [arXiv:1004.3795v1](https://arxiv.org/abs/1004.3795v1)
- it** A. Gecow, 2011. Emergence of Matured Chaos During Network Growth, Place for Adaptive Evolution and More of Equally Probable Signal Variants as an Alternative to Bias p. In: *Chaotic Systems*, E.Tlelo-Cuautle (ed.), ISBN: 978-953-307-564-8, pp 280-310, <http://www.intechopen.com>
- 1974** A. Gecow, 1974. Szkic dedukcyjnej teorii ewolucji biologicznej. (III BBB) III Polskie Sympozjum Biocybernetyki, Biomatematyki i Biotechniki. 9-11 maja - prezentacja, publikacja PTC 1975
- 1975** A. Gecow, 1975. A cybernetic model of improving and its application to the evolution and ontogenesis description. In: *Fifth International Congress of Biomathematics Paris*
- dgec** A. Gecow, 2008. Structural Tendencies - effects of adaptive evolution of complex (chaotic) systems. *Int.J Mod.Phys.C*, 19, 4, pp 647-664.
- bics** A. Gecow, 2008. A simplified algorithm for statistical investigation of damage spreading. *BICS 5-7 Nov.08 Tg.Mures Romania AIP Conf. Proc.* 1117 pp 133-141.
- fgec** A. Gecow, 2009. Emergence of Chaos and Complexity During System Growth. In: *From System Complexity to Emergent Properties*. M.A. Aziz-Alaoui & Cyrille Bertelle (eds), Springer, Understanding Complex Systems Series, pp 115-154
- Szk4** A. Gecow, 2016. Życie ewoluje w półchaosie (IV odcinek Szkicu dedukcyjnej teorii życia). <http://vixra.org/abs/1605.0063>
- Naaj** A. Gecow, 2016. Życie ewoluje w półchaosie w systemach nie w pełni losowych <http://vixra.org/abs/1612.0390>
- GdM** M. Nowostawski, A. Gecow, 2011. Identity criterion for living objects based on the entanglement measure. *ICCCI 2011, Studies in Computational Intelligence 381*, Radosław Katarzyniak, Tzu-Fu Chiu, Chao-Fu Hong, Ngoc Thanh Nguyen (Eds.) *Semantic Methods for Knowledge Management and Communication*, Springer, pp 159-170

Skróty, parametry, specyficzne nazwy

s – liczba równoprawdopodobnych wariantów sygnału. **K** – liczba wejść do każdego węzła (**nodu**) w sieci (**agregacie – agr**). **s,K** – 2-wymiarowy parametr (s,K).
N – liczba nodów w sieci. **tmx** – liczba obserwowanych kroków czasowych, czas maksymalny, długość badanej trajektorii.
typy sieci: **f** – scale free (sf), **Barabasi-Albert**, **s** – single scale (ss), **r** – “Random” **Erdos-Renyi** (er).
algorytm ‘reversed-annealed’ opisany w [arj rozdz.3] Stosowany i opisywany był już przeze mnie wcześniej [1974, 1975, dgec, bics, fgec, it] .
ini – inicjacja, zmiana permanentna wartości funkcji dla jednego nodu dla jednego stanu wejściowego (określone sygnały na wszystkich K wejściach nodu).
PAS – Point Attractor System, sieć w której każdy stan nodu jest akurat równy wartości funkcji jego wejść. Długość atraktora =1. Patrz rozdz..4.
PAS0 – PAS gdzie wszystkie stany nodów = 0 (i każdy stan wejściowy nodu ma K sygnałów wejściowych=0).
d – damage – ułamek jaki stanowią nody, których stan różni się od wzorca. $d=A/N$, **A – Avalanche** – Liczba nodów, których stan różni się od wzorca..
próg – arbitralnie wybrana liczba (z przedziału pomiędzy **pikiem lewym i prawym** w rozkładzie wielkości damage), która rozróżnia zmiany małe (uporządkowane) i duże (chaotyczne) według $A(tmx)$. **akceptowane ini (akc)** - $A(tmx) < \text{próg}$.
q = (akceptowane ini)/(wszystkie ini). Stabilność jest mierzona przez **stopień porządku q** (symbol użyty w [Ramo06, tam rozdz.2]).
met2 – Metoda 2 poszukiwania półchaosu, od met2 do met7 są opisane odpowiednio w rozdz. 2 do rozdz.7.
eksplozja – szybkie przejście $A(t)$ ponad próg z zakresu małej damage (porządek) do dużej (chaos).
krokodyl – wygodna postać przedstawienia przebiegu symulacji, patrz rozdz.4.4. **półchaos, ro-modularność** – patrz rozdz.1.1 i inne wstępy.