

Raport z badań symulacyjnych, część II, wzrost autonomicznych sieci półchaotycznych

Andrzej Gecow

<https://sites.google.com/site/andrzejgecow/home> gecow@op.pl andrzejgecow@gmail.com

Jest to druga część raportu, ta stanowi rozdział 8 całości, której planuje się dalszy wzrost, jest dokumentacją badań ‘met8’ wykonanych w latach 2015-2017, ale pierwsze wyniki były już wspomniane w **Szk4** (zgłoszonym do FiN 4 dn. 2015-12-01 a ostatecznie położonej na <http://vixra.org/abs/1605.0063>). Część pierwsza - **rep** (<http://vixra.org/abs/1603.0220>) opisuje badania ‘met1-7’ wykonane przez autora w latach 2011-2015, które są podstawą dla **Szk4** i **Naaj** (<http://vixra.org/abs/1612.0390>). Czytanie niniejszego raportu bez przeczytania którejś z tych pozycji byłoby raczej nieskutecznym wysiłkiem. 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.

Streszczenie

Polska wersja **Report of simulation investigations, part II, a growth of half-chaotic autonomous networks**. Część I to Raport z badań symulacyjnych, podstawa stwierdzenia, że życie ewoluuje w półchaosie. O ile w cz. I badane sieci miały stałą strukturę a odstępstwa od ich losowości mieściły się w korelacjach stanów i funkcji węzłów, zmiana inicjująca damage polegała na drobnej zmianie funkcji węzła, to tu wychodzi się także z atraktora punktowego, a zmianą inicjującą jest losowe dodanie bądź odjęcie węzła. Sieci więc rosną i w nich także otrzymano półchaos, co jest istotnym uzupełnieniem argumentacji z cz.I, ale ewolucja z warunkiem małej zmiany utrzymującej półchaos tworzy już tendencje strukturalne takie jak większą konserwatywność starych węzłów. Stwierdzono też występowanie modularności i jej źródło, co spowodowało korektę cz.I – zastąpienie wprowadzonej w niej pierwotnie nazwy ‘semimodularność’ przez bardziej adekwatną ‘ro-modularność’.

Słowa kluczowe: chaos; sieci złożone; sieci dynamiczne; sieci deterministyczne; sieci Kauffman; symulacja komputerowa, sieci rosnące, tendencje strukturalne, modularność.

Abstract

Report of simulation investigations, part II, a growth of half-chaotic autonomous networks

In the first part: “Report of simulation investigations, a base of statement that life evolves in half-chaos” networks have constant structure. Deviations from their randomness are found in correlations of states and functions of nodes, the change initiating the damage consists of a small change in the node function. Here we also come from the point attractor, but the initiation change is a random addition or removing the node. The networks grow and in them also half-chaos occurs, which is an important complement to the arguments found in part I, but now in addition the evolution with the condition of a small change keeping the half-chaos creates structural tendencies such as the greater conservativity of the old nodes. The modularity and its source is also found, which leads to correction of part I - replacement of firstly used name ‘semimodularity’ by more adequate ‘ro-modularity’.

Keywords: chaos; complex networks; dynamic networks; deterministic networks; Kauffman networks; computer simulation, growing networks, structural tendencies, modularity.

Spis treści

Dla ciągłości raportu zawiera on tytuły głównych rozdziałów części I, a właściwa treść tej cz. II to rozdz.8, jednak Bibliografia i Skróty są głównie dla cz.II. Uważam, że „Spis treści” istotnie ułatwia wyobrażenie o całości i nawigację.

Streszczenie	1
Abstract	1
Spis treści	2
Główne rozdziały w I części „Raportu”	3
1 Wstęp	3
2 Wprowadzenie ujemnych sprzężeń zwrotnych - met1 i 2	3
3 Modularność – met3	3
4 Atraktor punktowy – met4	3
5 Kumulacja zmian małych nie wyprowadza do chaosu, ro-modularność – met5	3
6 Start z krótkiego atraktora, a nie z PAS0 – met6	3
7 Kontrolowane utworzenie ro-modułów – met7	3
Bibliografia	4
Skróty, parametry, specyficzne nazwy	5
8 Inicjacje przez dodawanie i odejmowanie nodów – met8	6
8.1 Cele	6
8.2 Algorytm	6
8.2.1 Podstawowe założenia algorytmu	6
8.2.2 Problem odejmowania w sf.	7
8.2.3 Problem procesów oscylujących w okolicy progu	7
8.3 Wyniki w aspekcie półchaosu	8
8.3.1 Rozkłady $P(d)$, q , $P(k)$ i l_{odu}	8
8.3.2 Wygasanie i wtórne inicjacje	13
8.3.3 Obserwacje krokodyli	16
8.4 Tendencje	22
8.4.1 Tendencja konserwatywności starszych nodów	22
8.4.2 Powstawanie efektów modularności	24
8.5 Badania met58ro modularności dla modeli c oraz b	36
8.5.1 Źródła obecności modułów w sieciach losowych i ich związek z ‘ro-modułami’	36
8.5.2 Wyniki symulacji sieci ss i lv uzupełniające wyniki met5	39
8.6 Podsumowanie	41

Główne rozdziały w I części „Raportu”

Oprócz zaburzenia na początku, opisują one kolejne „metody”, zgodnie z rozwojem badań, ale często powracałem do wcześniejszych metod uzupełniając je nowymi narzędziami opanowanymi w późniejszych etapach. W cz.I struktura sieci pozostawała stała a inicjacja polegała na małej zmianie funkcji nodu.

1 Wstęp

Zawiera: Wprowadzenie merytoryczne, gdzie wskazuję początkowe tezy i motywy podjęcia tych badań. To głównie konflikt założeń moich wcześniejszych badań tendencji strukturalnych ze znaną i podzielaną hipotezą Kauffmana: „życie toczy się na granicy chaosu i porządku”. Kto ma rację – ja czy Kauffman. Te badania przyznają rację mnie. Wprowadzenie organizacyjne, gdzie omawiam formę raportu i jej założenia.

2 Wprowadzenie ujemnych sprzężeń zwrotnych - met1 i 2

Próba sprawdzenia pierwotnej tezy (że stabilność wynika głównie z regulacji w systemach nawet o parametrach, które bez tej regulacji dają chaos, a nie z „porządku”) poprzez zamianę sprzężeń na ujemne. Teza ta okazała się niewystarczająca, a rozpoznanie wskazało na rolę krótkiego atraktora.

3 Modularność – met3

Krótki atraktor mógł wynikać z małych modułów czyli z modularności, ale dalej okazało się (wstępnie) to zwykle niewystarczające, nawet wspomagane przez met2.

4 Atraktor punktowy – met4

Początkowo była to nowa próba innego wprowadzenia regulacji ujemnymi sprzężeniami zwrotnymi, ale okazało się, że wystarczy sam atraktor punktowy.

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

Badanie ewolucji wychodzącej z atraktora punktowego – kumulowania zmian inicjujących, które dają małą damage. To badanie zdefiniowało półchaos i potwierdziło znaczenie małego atraktora, wskazało mechanizm ro-modularności.

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

Sprawdzenie, czy wyjście z krótkiego atraktora wystarczy do uzyskania półchaosu. Okazuje się, że wystarczy, ale taki półchaos jest istotnie mniej przydatny do modelowania.

7 Kontrolowane utworzenie ro-modułów – met7

Skuteczna próba zbudowania ro-modularności i półchaosu na bazie mechanizmu ro-modularności rozpoznanego w met5.

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** S.A. Kauffman, 1969. Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets. *J. Theor. Biol.* 22, p.437-467
- Kauffman 1971** 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
- 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.
- 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*.
- krab** A. Gecow, M. Nowostawski, M. Purvis, 2005. Structural tendencies in complex systems development and their implication for software systems. *Journal of Universal Computer Science*, 11 p.327-356.
- 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, pp 115-154. &
- ggec** A. Gecow, 2009. Emergence of Growth and Structural Tendencies During Adaptive Evolution of System, pp 211-241
In : *From System Complexity to Emergent Properties*. M.A. Aziz-Alaoui & Cyrille Bertelle (eds), Springer, Understanding Complex Systems Series
- Szk4** A. Gecow, 2016. Życie ewoluuje w półchaosie (IV odcinek Szkicu dedukcyjnej teorii życia). <http://vixra.org/abs/1605.0063>
- rep** A. Gecow, 2016. Raport z badań symulacyjnych, podstawa stwierdzenia, że życie ewoluuje w półchaosie, jest wersja po angielsku: Report of simulation investigations, a base of statement that life evolves, in half-chaos. <http://vixra.org/abs/1603.0220>.
- Naaj** A. Gecow, 2016. Życie ewoluuje w półchaosie w systemach nie w pełni losowych, <http://vixra.org/abs/1612.0390>, jest wersja po angielsku: Life evolves in half-chaos of not fully random systems.
- 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.

k – ustalona liczba wyjść nodu $k=K$ (ak).

typy sieci: **sf** – scale free, [Barabasi-Albert](#), **ss** – single scale, **er** – “Random” [Erdos-Renyi](#) (nie stosowane w met8), **ak** – agregat automatów ($k=K$).

W met8 typy sf, ss, ak z odejmowaniem nodów oznaczone są odpowiednio: **sh**, **si**, **al** (rozdz.8.2.1). Na rys. typy oznaczane są jedną, drugą literą.

algorytm ‘reversed-annealed’ opisany w [\[arj rozdz.3\]](#) Stosowany i opisywany był już przeze mnie wcześniej [\[1974, 1975, dgec, bics, fgec, it\]](#).

ini – inicjacja, w met1-7 zmiana permanentna wartości funkcji dla jednego nodu dla jednego stanu wejściowego (określone sygnały na wszystkich K wejściach nodu), w met8 to dodanie lub odjęcie węzła (nodu).

PAS – Point Attractor System, sieć w której każdy stan nodu jest akurat równy wartości funkcji jego wejść. Długość atraktora =1. Patrz rozdz..4, (cz.I raportu).

PAS0 – PAS gdzie wszystkie stany nodów = 0 (i każdy stan wejściowy nodu ma K sygnałów wejściowych=0), w met8 nie stosowany.

A1 – Avalanche – Liczba nodów, których stan różni się od wzorca. **A3** – A1 uśrednione na ostatnim odcinku 50 kroków czasu.

d – damage – ułamek jaki stanowią nody, których stan różni się od wzorca. $d=A1/N$, lub $A3/N$.

próg – arbitralnie wybrana liczba (z przedziału pomiędzy **pikiem lewym i prawym** w rozkładzie wielkości damage), która rozróżnia zmiany małe (uporządkowane) i duże (chaotyczne) według $A1(t)$ lub $A3(tmx)$. W met8 próg=0.2 i 0.5 aktualnego N.

akceptowalne ini ‘akc’ – $A3(tmx) \leq \text{próg}$. **kumulowalne** – akc z dodatkowymi warunkami, głównie odrzuceniem zbyt małych (<7) atraktorów.

q = (akceptowalne ini)/(wszystkie ini). Stabilność jest mierzona przez **stopień porządku q** (symbol użyty w [\[Ramo06, tam rozdz.2\]](#)).

met8 – Metoda 8 poszukiwania półchaosu, od met1,2 do met7 są opisane w I cz. raportu 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.8.3.3, wprowadzone i szerzej omówione w rozdz.4.4, (cz.I raportu).

półchaos, ro-modularność, ro-moduł – patrz rozdz.1.1 i inne wstępy.

Odniesienia do rysunków zaznaczone są na czerwono, w ramach met8 (tej, II cz. raportu) są numerowane od 1, odniesienia do wcześniejszych rozdziałów z cz.I poprzedza m z numerem rozdz., np.: **m3.rys.2 i 3** odsyła do rozdz.3 (met3).

8 Inicjacje przez dodawanie i odejmowanie nodów – met8

8.1 Cele

Podjęcie badań met1-7 spowodowane było słabymi podstawami algorytmu reversed-annealed stosowanego przeze mnie wcześniej (lata 1974-2009) do badań głównie ewolucji adaptacyjnej sytemu otwartego ocenianego na wyjściach. W tamtych czasach nie widać było innej drogi i konieczne było silne uproszczenie. Także do czasów obrony doktoratu, którego wyniki publikowane były w następnych latach, nie znana była obecnie powszechnie przyjmowana hipoteza Kauffmana, że życie toczy się na granicy chaosu i porządku. Natomiast algorytm rev-ann przyjęty na podstawie heurystycznych przesłanek praktycznie zakładał obecność zarówno dojrzałego chaosu jak i jednocześnie porządku w tym samym systemie. Taka możliwość wykluczona jest w obrazie **losowej** sieci Kauffmana, gdzie występuje przejście fazowe pomiędzy porządkiem i chaosem, i system może być jedynie albo uporządkowany, albo chaotyczny. Jednak obiekty żywe nie powinny być traktowane jako w pełni losowe z uwagi na dobór naturalny. Podstawowym celem podjęcia poszukiwań serii 'met' było więc wykazanie, że istnieją systemy nie w pełni losowe, które jednocześnie prezentują dojrzałe porządek i chaos w zbliżonym stopniu. Zadanie ograniczono do systemów autonomicznych, gdyż kontrowersyjna hipoteza Kauffmana dotyczy takich systemów.

Wykazano [Szk4,rep,Naaj] że w ramach systemów autonomicznych o losowej stałej strukturze, dla zmian inicjowanych punktową permanentną zmianą funkcji można utworzyć systemy półchaotyczne dobierając odpowiednio funkcje i stany nodów. System półchaotyczny ma parametry losowego systemu chaotycznego, jednak znaczna część inicjacji zachowuje się jak w systemie uporządkowanym. W badaniach nad tendencjami strukturalnymi kwestionowany algorytm rev-ann używany był do wzrostu systemu, gdzie zmianami inicjującymi było losowe dodawanie nodów, a także odejmowanie nodów. Naturalnym uzupełnieniem badań met1-7 jest więc sprawdzenie, że półchaos występuje także przy takich inicjacjach (jeszcze w zakresie systemów autonomicznych), co jest zadaniem **met8**. Na met 9 planowane jest badanie systemów otwartych.

Dotąd (met1-7) struktura była stała, badania dotyczyły korelacji stanów i funkcji nodów. Ta stała struktura **była losowa**, jedynie badanie modularności w met3 tworzyło strukturę nierównomierną. **Obecnie** stosując dodawanie nodów wchodzimy w badanie wzrostu sieci, **struktura przestaje więc być stała**, gdzie dołączenie (lub odłączenie) objęte jest warunkiem, co powoduje, że powstająca struktura **przestaje być także losowa**.

8.2 Algorytm

8.2.1 Podstawowe założenia algorytmu

W badaniach met8 wychodzi się z systemu o atraktorze punktowym PAS, podobnie do met5, jednak nie może to być PAS0, gdyż odejmowanie byłoby wtedy zawsze dozwolone. We wstępnym etapie budowana jest sieć 50 nodów według reguł danego typu. Następnie losowane są stany początkowe i tworzone funkcje przy jednym warunku: funkcja dla początkowego stanu wejść nodu ma dawać jego stan początkowy (czyli stany nodów z chwili $t=0$ i $t=1$ mają być jednakowe). To tworzy PAS. Dalej losowane jest dodawanie nodów dla sf,ss i ak, a dla sh, si, al które są odpowiednio sf, ss i ak dla dodawania, także odejmowanie, którego udział jest 30% (dla al tylko 10%). Reguły dodawania i odejmowania nodów opisane są głównie w [it.fig.2], wcześniej w [brj.fig.1, ggec.fig.4]. Badane są sieci s,K= 4,3, jedynie dla ak i al także 4,2. Tak jak od met5 stosowane jest przesunięcie początku trajektorii po kumulacji o $t=50$.

Do osiągnięcia atraktora przynajmniej 7 atraktor nie może maleć, dalej nie może spaść poniżej 7, ale gdy warunek ten blokuje kumulację zbyt długo (powyżej 60 razy) to dozwolany jest aktualnie proponowany atraktor mniejszy od 7 i znów nie może on maleć aż przekroczy wartość 7.

Dalszy wzrost podzielony jest na 10 passów, w których sieć rośnie o kolejne 50 nodów, tak, że kończy na wartości $N=550$ nodów. Są to passy 2-11 wskazywane na krokodylach i śledzone dynamicznie, ale do analizy zebranych danych okazały się zbyt małe (oprócz badania modularności w rozdz.8.4.2). W takiej analizie przedstawianej dalej, na wykresach stosuje się etapy M1-5 powstałe przez zsumowanie dwóch kolejnych passów śledzonej ewolucji, tak, że M1 to pass2+3.

Podczas wstępnych, rozpoznawczych symulacji stosowano próg ustalony na wysokości 0.4 aktualnego N, jednak omawiany na **rys.2** problem zasypywania przedziału pomiędzy pikami lewym i prawym na rozkładzie wielkości damage doprowadził do wyboru w głównej symulacji progu 0.2N i porównaniu wyników dla progu 0.5N. Krokodyle na **rys.6a-c** są jeszcze z progiem 0.4, na **rys.6d-e** - z progiem 0.2, a na **rys.6f** - z progiem 0.5. Skala z lewej dotyczy tu maksymalnego N w danym passie. Ponadto dynamicznie pokazywany jest rozkład stopni nodów #k dla 11 najmniejszych k (0-10), oraz nad krokodylem zakres N ostatnich 50 nodów, co obrazuje wzrost, poniżej – lód w skali $N = 50$ pikseli, a jeszcze niżej także w skali 50 pikseli w dół $k=0, 1, 2$ i 3. Lód i stopień k pokazywane są jedynie dla akceptowalnych. Te zobrazowania miały ułatwiać wskazanie korelacji i mechanizmów. Szczegóły modyfikacji algorytmu do badań modularności są opisane w rozdz.8.4.2.

8.2.2 Problem odejmowania w sf.

Sieć er, która dotąd jako jedyna posiadała nody ślepe (bez wyjść, $z=0$), w met8 nie może być użyta, gdyż nie posiada reguły wzrostu (dołączania nowych nodów do już istniejącej sieci). W sieciach sf,ss i ak dołączanie nowych nodów stanowi regułę powstania sieci wyznaczającą ich typ, a w ramach tego rozkład $P(k)$. Sieć ak ma k ustalone i prostą regułę odejmowania, która nie zmienia jednolitej wartości k dla wszystkich nodów sieci. Problem powstaje gdy żądamy odejmowania nodów w sieciach sf i ss, co tworzy sieci sh i si. W wyniku odejmowania powstają nody $z=0$. W przypadku sieci si której reguła dodawania (ss) łączy nowy nod z innymi nodami obecnymi w sieci z jednakowym prawdopodobieństwem, ślepy nod może odzyskać wyjście, ale w sieci sh (łączenie proporcjonalne do k) już nie ma na to szans i może być jedynie odjęty, jak każdy nod ślepy. Aby urealnić regułę dla sh, przyjęto dodawanie proporcjonalnie do $(k+1)$. We wszystkich trzech przypadkach każdy nod ma jednakowe prawdopodobieństwo odjęcia, co dla sh i si może zmieniać kształt rozkładów k , powoduje to, że tracą one pierwotne własności związane z typami sf i ss. To weryfikuje rys.3.

8.2.3 Problem procesów oscylujących w okolicy progu

W dotychczasowych badaniach od met1 do met7 proces, który przeszedł przez próg prawie nigdy nie wracał z powrotem pod niego. Pozwoliło to na optymalizację i przerwanie liczenia tych, co znalazły się nad progiem po 70 krokach od pierwszego przejścia. W tym czasie mogły one zejść pod próg i tam pozostać, ale to się nie zdarzało prawie nigdy, a wielkość fluktuacji była zwykle na tyle mała, że nie sięgała progu. Wynikało to z wielkości powstających ro-modułów. Jedynie w met3, gdzie moduły były konstruowane (zadawane arbitralnie) obraz był inny (m3.rys.2 i 3), często występowały niższe poziomy równowagi Derridy w okolicy progu, ale nie zagłębiano się w dokładniejsze rozpoznanie tego modelu. W badaniu met8 występują jednak względnie często przypadki większych powiedzmy - ro-modułów (patrz rys.6c-f, rozdz.8.4.2.), gdzie zakres fluktuacji po przejściu nad próg jest tak duży, że wielokrotnie poziom progu jest przecinany i szansa na to, że w tmx A1 (chwilowa wartość A – liczby nodów ze stanem odmiennym od wzorca) będzie akurat pod progiem, jest spora. Takie przypadki powinny być eliminowane kryterium A3, które jest uśrednieniem A1 na ostatnim odcinku 50 kroków liczenia. Okazuje się mimo A3 poniżej progu, że częsta obecność procesu nad progiem pozwala po kumulacji i przesunięciu tworzyć wzorzec, który ze znacznie większym prawdopodobieństwem także prowadzi do wielkich ro-modułów, a nawet do zapaści chaotycznej (rys.6e5,f1-4). Te wielkie 'ro-moduły' silnie sugerują, że może są to także klasyczne moduły, które mają prawo powstać pod wpływem presji ewolucyjnej wynikającej z warunku małej zmiany. Taka hipoteza badana jest w rozdz.8.4.2 i częściowo okazuje się ona słuszna.

Dla czystości i prostoty kryteriów akceptacji i akumulacji wprowadzono zasadę, że proces, który powrócił pod próg jest nadal liczony, a zaprzestaje się jego liczenia po 70 krokach od ostatniego przejścia nad próg. To spowodowało, że duża część takich procesów, nawet z A3 ponad progiem, liczona była długo, nawet do końca (rys.6c1,d1).

Obecność procesów oscylujących wokół progu powoduje „zasypywanie” przerwy w rozkładzie $P(A3)$ (forma rozkładu $P(d)$ - wielkości damage, rys.1b i 2), a przerwa ta między pikami lewym i prawym ma istotne znaczenie interpretacyjne w koncepcji półchaosu. Pozwala bowiem na naturalne kryterium eliminacji i utrzymania półchaosu – stabilność ewolucyjną półchaosu obserwowaną w met5-7. Zasypywanie tej przerwy spowodowało, że pozycja progu zaczęła mieć znaczenie i przestała być dobrze określona a odpowiedzialność spadła na jej arbitralny wybór. Zamiast, więc, progu $0.4N$ stosowanego we wstępnych symulacjach, zastosowano progi $0.2N$ i $0.5N$ (rys.2) by porównać wpływ tego arbitralnego wyboru. Jak widać, niski próg pozwala na mniejsze zasypywanie przerwy między pikami, ale wyraźnie jest on arbitralny, jeszcze na spadku piku lewego. Przesunięcie progu według tego rozpoznania w pobliżu minimum daje jednak inny obraz, w którym dla sieci sh i si powstają w okolicy progu dodatkowe piki. Są one małe w porównaniu z pikami prawym i lewym, ale kilka razy większe niż dla progu mniejszego. Minimum rozdziela się na dwa komplikując interpretację i dla met8 stabilność ewolucyjna półchaosu i kryterium tożsamości są nieco słabsze. Można o to obwiniać wielkość zmiany inicjującej, która polega tu na dodaniu lub odjęciu nodu, nie jest więc małą zmianą, a nie da się jej już zmniejszyć. Do badań efektów modularności w rozdz.8.4.2 stosowano próg $0.5N$, gdyż dawało to szerszy zakres do badań, nie wchodzący zbyt intensywnie w kolizję z progiem.

8.3 Wyniki w aspekcie półchaosu

W tym rozdziale opisane są wyniki świadczące o występowaniu półchaosu z jego stabilnością ewolucyjną także w przypadku inicjacji polegających na dodawaniu i odejmowaniu nodów, czyli ogólniej – na zmianach struktury. Jest to ważne uzupełnienie badań met4-7 wprowadzających półchaos, szczególnie, gdyż nie są to zmiany bardzo małe.

8.3.1 Rozkłady $P(d)$, q , $P(k)$ i lodu.

Podstawowa seria symulacji zawiera po 600 sieci **typu** sh, si, al2, al3, sf, ss, ak2, ak3. Oprócz al2 i ak2 gdzie $s,K=4,2$ (K wskazuje tu dodatkowa cyfra) w pozostałych przypadkach $s,K=4,3$.

Przyjmuje się za etapy **M1 - M5** po 2 passy 2-11 z krokodyla zwiększające N o 50, tak, że $M1 = \text{pass2} + \text{pass3}$, wzrost o 100 nodów.

Podstawowymi wynikami są:

rozkład $P(A3|typ)$ (czyli praktycznie i bardziej adekwatnie: **$P(d|typ)$** , [rys.1ab](#) i [2c](#)) dla ustabilizowanych etapów M2 do M5, dalej dokładniej analizowany na [rys.2ab](#) w postaci **$P(A3|M)$** dla określonego typu i progu 0.2N i 0.5N; porównany z wynikiem **$P(A3|typ)$** . Jest to **rozkład wielkości damage** mierzonej wielkością $A3$ dla porównania i jednolitości z wynikami wcześniejszych metod, tu jednak N rośnie i $A3$ jest znormalizowane do $N=200$, co po prostu odpowiada ' $A3'=d*200$ '. Na [rys.1a](#) dodano więc skalę d , ale w pozostałych rys pozostawiono tak znormalizowane $A3$. Początkowy etap M1 okazuje się, jak zwykle, nieco odmienny, co widać wyraźnie dla na [rys.2](#), [3ab](#) i [rys.4a-e](#), dalsze etapy są już zbliżone i można je łączyć. Obraz piku lewego jest zbliżony dla wszystkich etapów nawet w skali log ([rys.2ab](#)).

$q(typ)$ [rys.1d](#) jest wyliczony z powyższego $P(A3|typ)$ na podstawie progu w $A3$ przyjętego jako 0.2 aktualnego N , czyli $d=0.2$. Dla sieci sh i si zawiera kawałek wynikający z $k=0$. Jest to podstawowy wynik wykazujący istotną obecność porządku, co głównie odróżnia półchaos od chaosu.

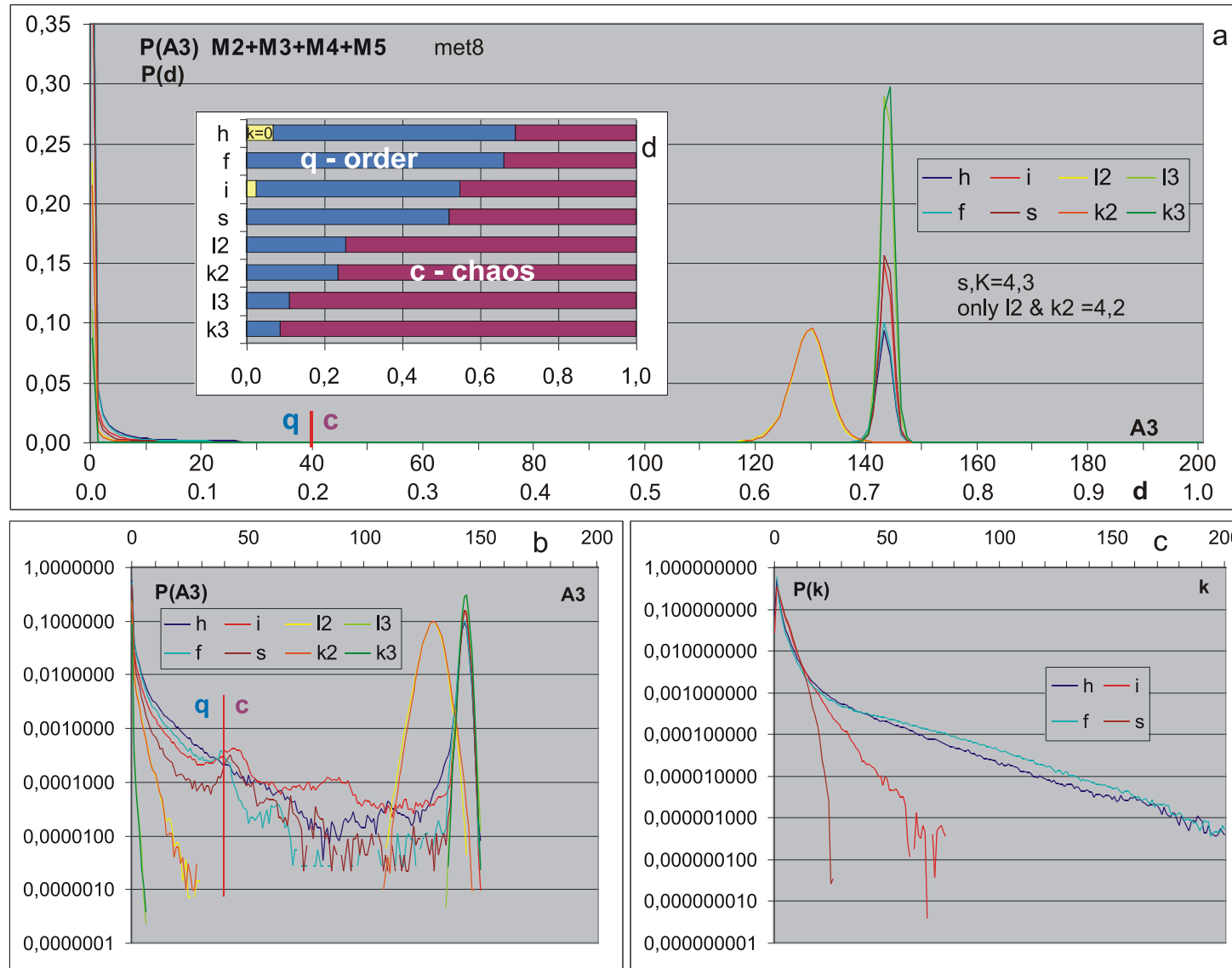
$q(M)$ [rys.2d](#), [4a](#) pokazuje uzyskany stopień ustabilizowania się ewolucji (patrz dla porównania [m5.rys.4a](#), [m6.rys.1a](#), [m7.rys.9h](#)), pozwala stwierdzić, że ewolucja prowadzona była dostatecznie długo.

$q(t)$ [rys.4h](#) i krokodyl [rys.6](#) pokazują uzyskany stopień ustabilizowania się procesu po zaburzeniu i są podstawą uznania tmx za wystarczające. Ten problem badany był także, podobnie jak w met5-7 ([m5.rys.5a](#), [m6.rys.1c](#), [m7.rys.17d](#)), poprzez zasięg w t eksplozji do chaosu – średnie t dla 5-ciu najpóźniejszych eksplozji ([rys.2f](#), [4b](#)). Tu podobnie – w zakresie M2-5 ten średni czas praktycznie nie rośnie, a jak rośnie, to nieistotnie.

rozkład lodu: $P(\text{rozmiar lodu}|typ)$ [rys.4fg](#), $\langle \text{lód} \rangle(M|typ)$, [rys.2e](#), [4c](#), [9h3](#). Jest to główny argument za podobieństwem mechanizmu badanego w met5 i 7, nazwanego ro-modularnością. Jedynie dla sieci ss średni lód w badanym zakresie ewolucji jeszcze wyraźnie spada, co może budzić niepokój, czy spadek ten zatrzyma się na poziomie uprawniającym jeszcze do oczekiwania mechanizmu ro-modularności i stabilności ewolucyjnej tak uzyskanego półchaosu, tu należy zauważyć, że skala na [rys. 2e](#), [4c](#) zaczyna się powyżej połowy zakresu.

$P(k|typ)$ [rys.1c](#), analizowany dokładniej jako **$P(k|M)$** na [rys.3](#), przede wszystkim uzasadnia stosowanie nazw typów sf i ss oraz wskazuje odstępstwa od sf i ss jakie wprowadza odejmowanie nodów w typach sh i si.

Dokładniejsze analizy w opisach rysunków.



Rys.1. Rozkład wielkości damage P(d) w postaci P(A3).

Ogólnie w met8 s,K=4,3, ale sieci al & ak występują także z s,K=4,2 co rozróżnia cyfra odpowiadająca K. Tak, jak dotąd, stosuję na rys jedynie drugą literę skrótu typu sieci. Etapy M to sumy dwóch passów widocznych na rys.6 - krokodylach. Np. M1 to pass 2 – wzrost od N=50 do 100 i pass 3 dalszy wzrost do 150. Dawał on nieco inne wyniki od późniejszych (patrz rys.4a-e), więc podobnie jak w met5-7 został pominięty przy podsumowaniu, które obejmuje wzrost od N=150 do 550.

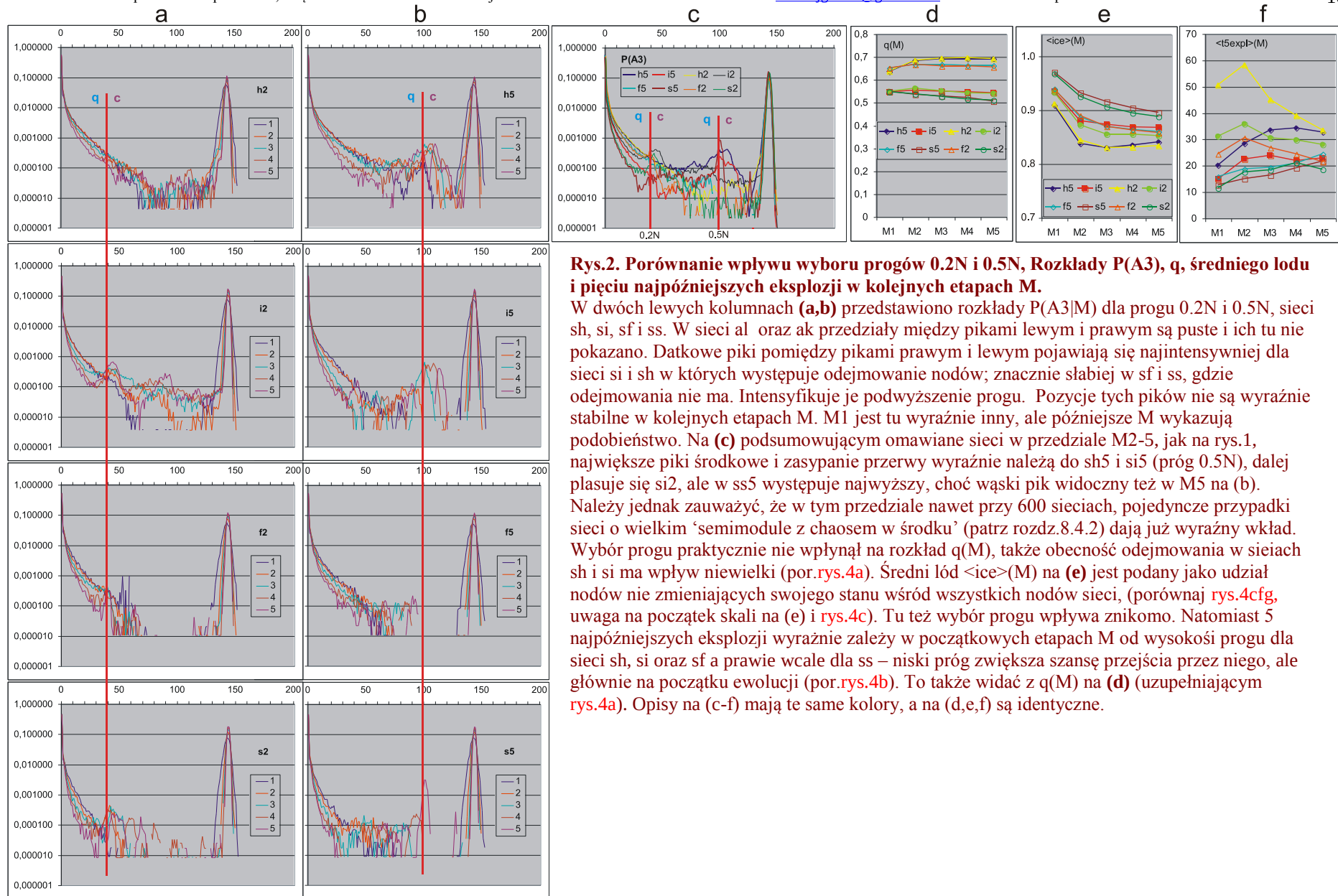
Sieci sh, si, al (h, i, l) mają odejmowanie nodów, sh oraz si 30% proponowanych zmian a al 10%, odpowiadają sieciom bez odejmowania sf,ss,ak.

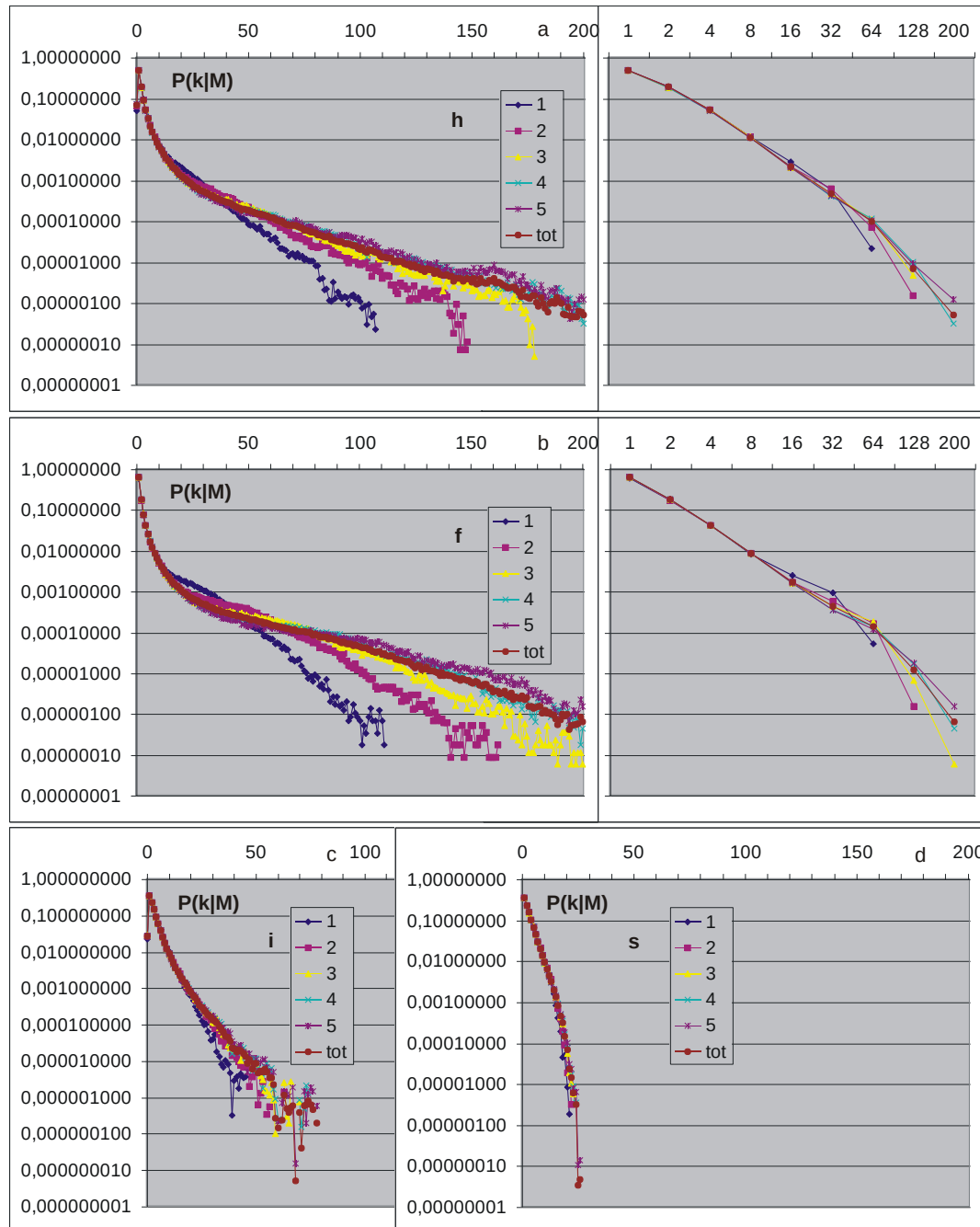
(a) – Podobnie jak m5.rys.20 i m7.rys.1,9 przedstawia pełen rozkład P(d) w wersji P(A3) w skali liniowej z wklejonym (d) – udziałem porządku q i chaosu c. Ponieważ sieć tu rośnie, skalę osi poziomej pokazano także w bardziej adekwatnym d (zakres 0-1). Wartość A3 sprowadzano w każdym procesie ($A3/N \cdot 200$) do zakresu 200, czyli $A3 = d \cdot 200$. Próg 0.2N (czyli $d=0.2$) w tej skali wypada na wartości $A3=40$.

(b) – przedstawia to samo co (a) w skali log dla oceny głębokości przerwy pomiędzy pikami,

usytuowania progu i kształtu piku lewego. W okolicy progu widać dodatkowe piki, które bliżej analizowane są na rys.2, gdzie także pokazano wyniki dla progu 0.5N.

(c) – Rozkład stopni k wierzchołków (nodów), tj. liczby wyjść z nodu, w skali log. Dokładniej analizowane jest to na rys.3. W przypadku sieci sh oraz si $P(k=0)$ wynosi odpowiednio 0.08 i 0.034, co zaznaczono na (d) na żółto jako porządek innego pochodzenia. Jak widać, udział porządku q jest znaczny i większy w sieciach z odejmowaniem. Dla sieci al oraz ak, szczególnie z większym K jest już bardzo mały, jednak istotnie większy od chaosu, gdzie na takim przedstawieniu w ogóle by go nie było widać (patrz m7.rys.1).

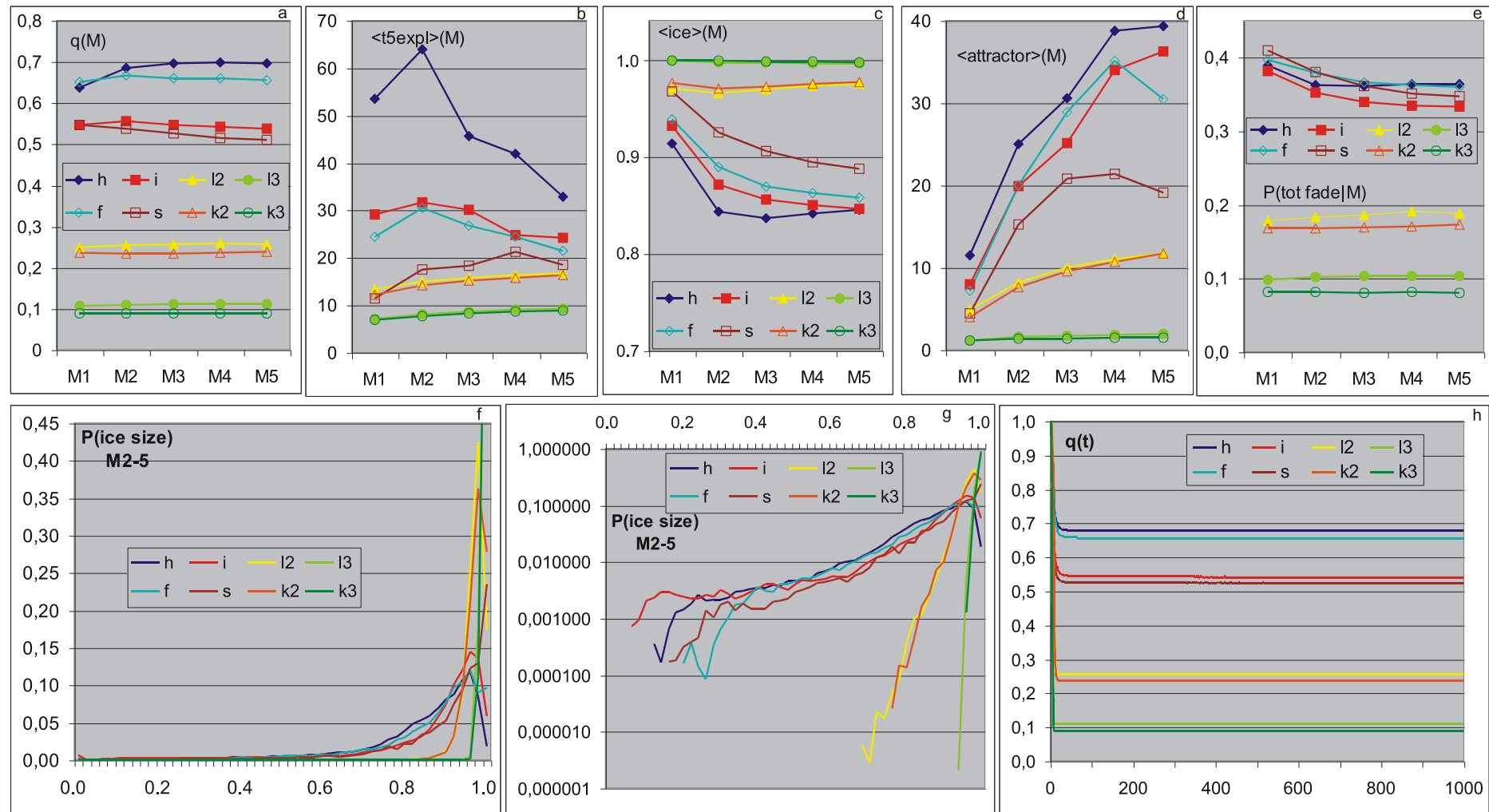




Rys.3. Rozkłady stopni wierzchołków (nodów) w zależności od etapu M - $P(k|M)$, przedstawiane głównie w celu wskazania na ile proces ewolucji (kumulacji) osiąga stan stabilny w tym aspekcie. Drugim zadaniem jest uzasadnienie stosowania nazw sf i ss, które oprócz samej reguły wzrostu charakteryzują się właśnie odpowiednim rozkładem $P(k)$ (porównaj z rys.1c).

Wyraźnie etap M1 jest odstający, jeszcze M2 także trochę odstaje, ale te odstępstwa pojawiają się dla większych k o bardzo małych prawdopodobieństwach więc i małym udziale. Te większe k wymagają większych sieci, a ta sieć rośnie, jednak jako huby mają silny wpływ na ich dynamikę. Ten efekt nie wynika więc z natury sieci półchaotycznej.

Odejmowanie nodów jest inną regułą niż tworzenie sieci sf i ss, więc można spodziewać się popsucia rozkładu $P(k)$, który definiuje te sieci. Jak widać po prawej na (a) i (b), gdzie przedstawiono rozkład z grubsza na wykresie log-log, odejmowanie nie popsło sieci sf (scale-free) Rozkład dla sieci ss (single scale) (d) jest na wykresie log prostą nieco wypukłą, a z odejmowaniem (si na c) – prostą nieco wklęsłą. Ponadto w obu sieciach (sh i si) pojawia się w wyniku odejmowania $k=0$ (patrz rys.1d).



Rys.4. Podstawowe charakterystyki procesu kumulacji przedstawione dla podstawowej serii w met8 600 sieci z progiem 0.2N.

(a) – $q(M)$ pokazuje stabilność uzyskanego q – stopnia porządku podczas kumulacji zmian (por. z rys.2d gdzie pokazano to także dla progu 0.5N).

(h) – $q(t)$ jest dostateczną podstawą uznania, że wybrany tmx nie był zbyt krótki (jak to okazało się w met2).

(b) – średni czas t pięciu najpóźniejszych eksplozji do chaosu. Dla $tmx=1000$ świadczy to o statystycznym ustaniu eksplozji na samym początku przedziału tmx (por.rys.2f oraz krokodylę rys.6).

(c) – średni lód od M . Tylko dla sieci ss poziom lodu maleje do końca badanego wzrostu, ale prędkość tego malenia nie jest niepokojąca. Skala lodu z uwagi na wzrost N została przedstawiona jako udział, a nie jako liczba zamrożonych nodów jak na m5.rys.19ab (por.rys.2e). Średnio pozostaje lodu wyraźnie ponad połowa (skala na (c i rys.2e) zaczyna się od 0.7, czyli wyraźnie powyżej połowy zakresu).

(f, g) dla sieci sh, si, sf, ss **rozkład wielkości lodu** jest rozciągnięty niemal na cały przedział, co różni się nieco od sytuacji w met7 (**m7.rys.11**) a wyraźnie zbliża do met5 dla bf (**m5.rys.19a**). Ogólnie obraz lodu jest zgodny z przewidywaniem zbliżonego mechanizmu ro-modularności dla zmian inicjujących także w postaci dodawania i odejmowania nodów.

(d) – średnia długość atraktora globalnego dla akceptowalnych daleka jest tmx i należy do nielosowo małych wartości. Dla kumulowanych był wymuszany atraktor >6 , ale dla sieci si, al oraz ak był to problem, gdyż wielokrotnie trzeba było odstępować od tego wymuszenia (po 60 próbach znalezienia akceptowalnego ze zbyt małym atraktorem). Symulacje sieci k3 orza l3 nie miałyby szans dojścia do $N=550$, gdyby nie dopuszczać odstępstwa od tego ograniczenia, które miało na celu odwołanie od trywialnego stanu wyjściowego PAS.

(e) – prawdopodobieństwo trwałego wygaśnięcia do $A1=0$ bez wtórnych inicjacji, które tu mają wyraźnie inny charakter (patrz rozdz.8.3.2). Istotny element w ocenie mechanizmu utrzymania półchaosu.

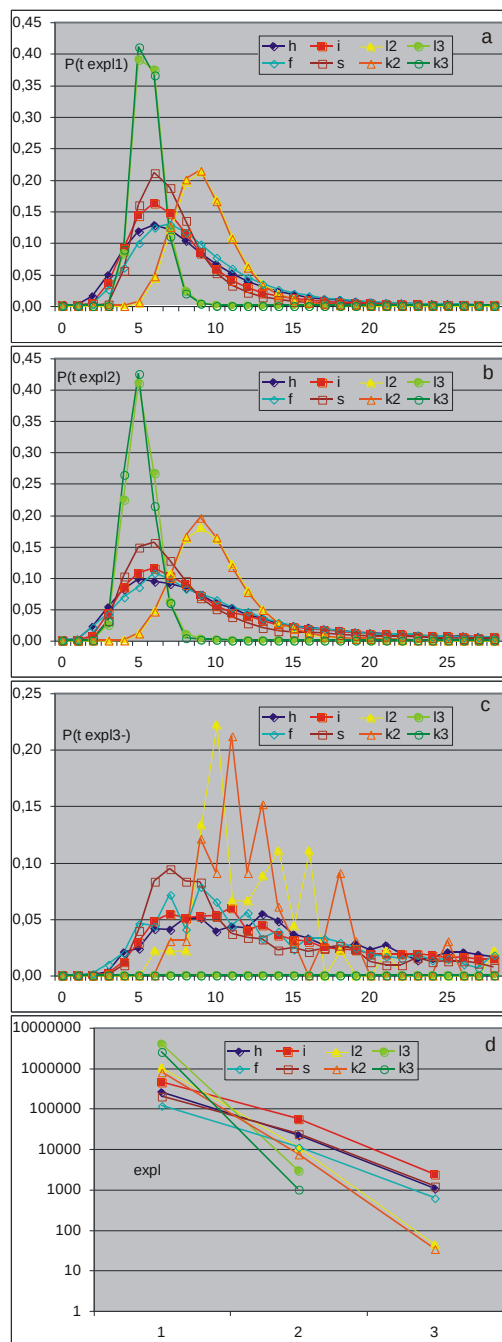
8.3.2 Wygasanie i wtórne inicjacje

Wtórne inicjacje wywoływane w niezmienionej strukturze w met1-7 przez permanentną punktową zmianę funkcji, która w trakcie procesu napotkała ponownie ten wyjątkowy stan wejściowy, są znacznie prostszym zjawiskiem niż w met8, gdzie zmiana ulega struktura i taka zmiana wywołuje coś jakby inicjację wtórną. Do porównania liczby $A1(t)$ różniących się stanów nodów nie włączone są nody dodane lub odjęte, ale one funkcjonują w strukturach – dodany w zaburzonej a odjęty we wzorcowej. O ile w met1-7 po osiągnięciu $A1=0$ można było mieć pewność, że nowa inicjacja to napotkanie przez nod ze zmienioną funkcją tego wyjątkowego stanu jego wejść (punktu), dla których zmieniona została funkcja, to obecnie $A1(t)=0$ dotyczy nie całych sieci wzorcowej i zaburzonej, a dodany nod ma wiele wejść i wysyła wynik mało związany ze wzorcem (sf,ss,sh,si – na 1 link, ak,al na K linków). Wygasanie do $A=0$ jest jednak dość spore, co widać na krokodylach (**rys.6**), a ogólny obraz mechanizmu utrzymywania sporego **q** jest bardzo zbliżony do ro-modularności i oparty na podobnej obecności lodu (**rys.2e, 4cfg, 9e2-h2,f3,h3**).

Z uwagi na występowanie w met8 częstych wielokrotnych przekroczeń progu oraz pojawianie się PAS nawet ponad progiem, czego nie obserwowano uprzednio, dodano kilka dodatkowych wielkości mierzonych dla kolejnych ini w badaniu wtórnych ini i wygasania. Przedstawia je **tabela 1**. Widać systematyczne różnice w porównaniu do met5 i met6, ale ogólnie obraz jest bardziej zbliżony do modelu c z met5 niż do met6. Po późniejszych ini niż ini2 (trzecie i dalsze) radykalnie przeważa wygasanie do $A1=0$ we wszystkich met8,7,6 i 5.

Podobieństwo rozkładów czasu do eksplozji (**rys.5**) od ini pierwszego (**rys.5a**), drugiego (**rys.5b**) i trzeciego oraz dalszych (**rys.5c**) sugeruje zbliżony mechanizm reakcji na wtórne ini do reakcji na pierwsze ini. Mechanizm tych wtórnych ini jest jednak inny, różnorodny i złożony. Ogólnie, wtórne ini w met8 to ponowne pobudzenie zmienionego obszaru struktury, łatwiejsze do zrozumienia, jeżeli jest to obszar zamarznięty w międzyczasie (w czasie $A1(t)=0$). Ale nie każde takie pobudzenie musi skutkować nową lawiną damage, a uzyskanie $A1(t)=0$ nie musi oznaczać zamarznięcia tego zmienionego obszaru.

Istotną różnicą względem obrazu uzyskanego w met7,6 i 5 jest liczba ini3, tu istotnie mniejsza od ini2. Dokładnie widać to w **tabeli.1** a także na **rys.5d**. Jak wcześniej, większość ini3 wygasa, jednak kiedyś większość ini2 przechodziła do ini3, a teraz już nie. Nie dużo pomaga w zrozumieniu różnic rozkład czasu od ini do wygaśnięcia, gdyż jest on wykładniczo malejący. Pomiar czasu pomiędzy kolejnymi ini jest trudny do zdefiniowania i do uzyskania, gdyż mogą one następować przed wygaśnięciem poprzedniej damage. Z wyżej opisanych powodów, zdefiniowanie takiej chwili jest istotnie trudniejsze niż w met1-7. Nie jest celowe powtarzanie tu szczegółowych obserwacji zawartych w opisie **tabeli 1**, tworzą one ogólny, bardzo złożony obraz, który jednak mimo różnic jest dostatecznie zbliżony do ro-modularności obserwowanej w met5 i met7.



Rys.5. Rozkłady czasu do eksplozji (seria podstawowa próg 0.2N, 600 sieci) **od ini** pierwszego (a), drugiego (b) i trzeciego oraz dalszych (c). (Por. m7.rys.6g.) Podobieństwo tych rozkładów sugeruje zbliżony mechanizm reakcji na wtórne ini do pierwszej ini. Dla uzasadnienia fluktuacji na (c) pokazano na (d) liczby eksplozji, które dały wyniki (a,b,c) (odpowiednio argumenty 1,2,3). Dla ak3 i al3 w ogóle nie było przypadków eksplozji po ini3 a dla ak2 i al2 było ich odpowiednio tylko 33 i 45. Należy tu pamiętać, że wtórne inicjacje w met8 nie wynikają z napotkania stanu wejściowego dla którego podczas ini1 zmieniona została funkcja nodu, a wynikają ze zmiany struktury sieci po dodaniu lub odjęciu nodu i odmiennym niż we wzorcu zadziałaniu tego wycinka sieci, przy czym dla porównania ze wzorcem, do A1 nie jest uwzględniany we wzorcu nod odjęty. Podobnie jest z nodem dodanym, którego stan nie jest brany pod uwagę przy określaniu A1. Liczba ini3 jest tu istotnie mniejsza od ini2, co różni wyraźnie te wyniki od uzyskanych w met7,6 i 5. Widać to także w tabeli.1.

Tabela 1. Wyniki statystyk wygasania i wtórnych ini. Od lewej: wyniki dla etapu M1 dla sh, dalej sieci sh, si, al2, al3 sf, ss, ak2, ak3 w zakresie etapów M2 do M5. Po prawej dla porównania przytoczona m6.tab.2, gdzie głównym odniesieniem jest cfM i crM z met5, dalej wyniki met6.

Pionowo od góry 3 podobne zespoły danych: 1- po pierwszym ini; 2- po drugim ini; 3 – po trzecim i dalszych ini, gdzie ini polega na wyjściu ze stanu $A1=0$. Pod tabelą uzupełniono wartościami q i $c=1-q$ pokazanymi już na rys.1d i m6.rys.2d.

W ramach opisu efektów kolejnych ini są począwszy od góry: udział eksplozji do chaosu i „ocalałych” (saved) – czyli takich, co zakończyły się wygaśnięciem do $A1=0$ (fade) lub dotarły do tmx z $A3 \leq \text{próg}$ (other).

PAS może pojawić się w ramach każdej z tych kategorii. PAS_c jest w ramach chaosu, ponad progiem, czyli po eksplozji do chaosu. Pozostałe przypadki PAS są w ramach saved: PAS_f w ramach fade, a PAS_o w ramach other.

Część fade1 to total fade1 – te nie spotkały do tmx wtórnej ini. Pozostałe fade1 napotkały ini2. Podział PAS1_f na tot.fade1 i ini2 nie jest znany i nie jest oczywisty, gdyż A1 to różnica między wzorcem, który zwykle nie jest PAS, a badanym procesem, który może być PAS.

Podział fade2 także jest słabo znany, gdyż w ramach ini3 są inicjacje trzecie i dalsze, a może być ich bardzo wiele, dlatego **ini3 to wiele razy fade2**, mimo, że część fade2 to także wygaśnięcia bez dalszych ini.

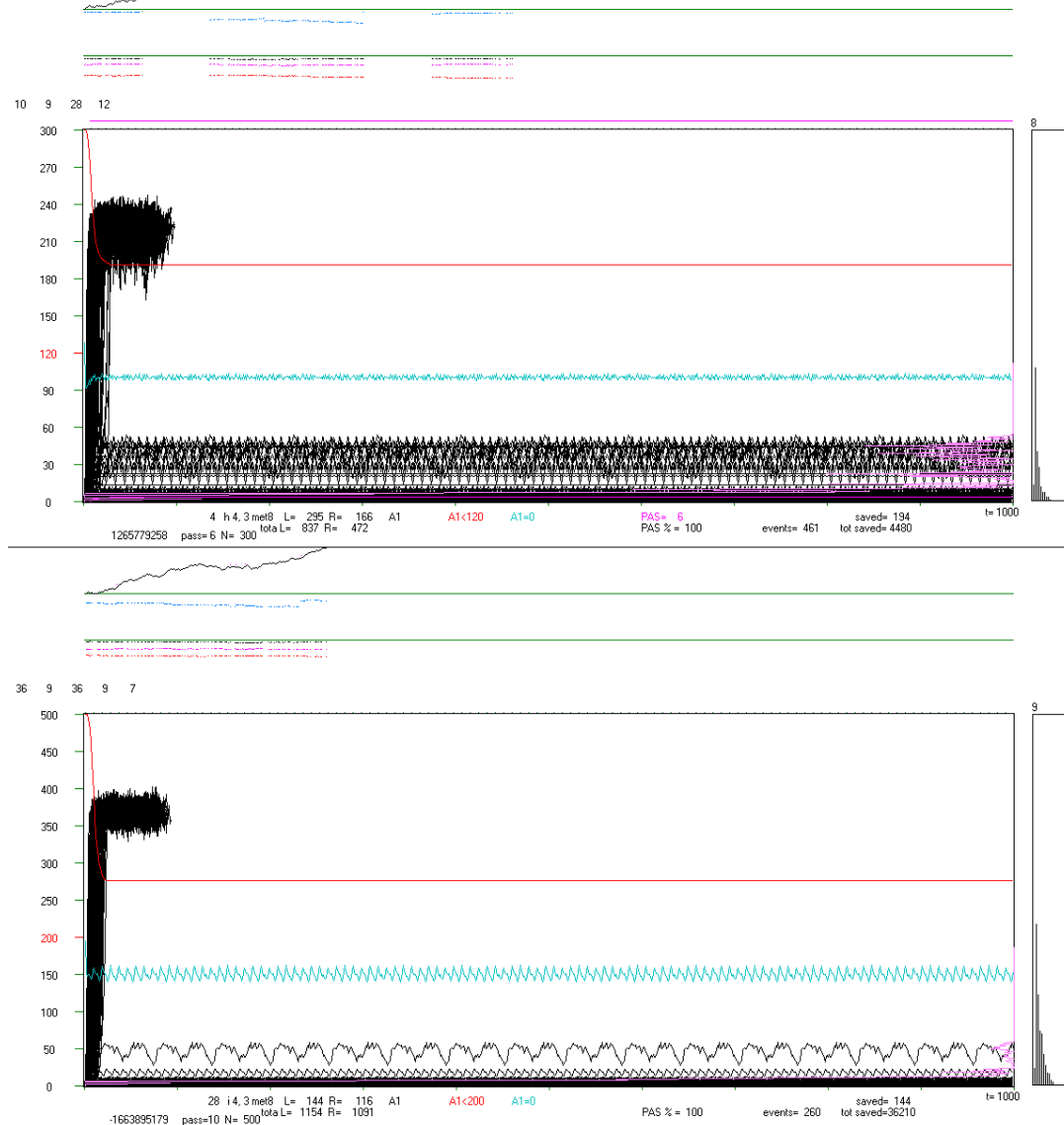
Zarówno procesy kończące z $A3 > \text{progu}$, czyli zaliczane do expl, mogą po eksplozji wizytować porządek (vi_o - order) pod progiem (szczególnie często sh, ss oraz si po pierwszym ini, ale dla sh i si częstość ta rośnie silnie po wtórnych ini), jak i saved mogą wizytować chaos (vi_c) nad progiem (tu także sh po ini1, ale po następnych ini już częstość maleje).

Jak widać, w met8 i met6 większość saved1 to fade1, z czego większość ma wtórną ini2. W met8 ini2 zazwyczaj eksploduje, tylko dla sh i sf wyraźnie, a dla si znikomo przeważa saved2, natomiast w met5 i 6 radykalnie przeważa saved2 a w nim fade2, podobnie po ini3. W met8 zwykle saved2 dzieli się w przybliżeniu na połowę między other2 i fade2, tylko k3 ma other2 szczególnie duże z uwagi na spory udział PAS dozwalanych z konieczności (po przekroczeniu 60 akc z za małym atraktorem).

Po późniejszych ini niż ini2 radykalnie przeważa fade3 we wszystkich met8,7,6 i 5.

Mimo pewnych różnic, ogólnie obraz jest podobny bardziej do modelu c z met5 niż do met6.

35,057	28,568	40,814	73,625	88,867	31,054	42,816	75,754	91,207	expl1	%ini1	1	77,69	91,52	66,19	72,10	85,09	89,17
64,943	71,432	59,186	26,375	11,133	68,946	57,184	24,246	8,793	saved1	%ini1		22,31	8,48	33,81	27,90	14,91	10,83
1,020	1,330	0,741	0,001	0,000	0,784	0,368	0,001	0,000	vi1_o	%expl1							
0,129	0,033	0,004	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,000	PAS1_c	%expl1							
32,113	1,702	5,466	16,391	77,735	8,797	21,363	27,216	88,286	PAS1	%saved1		2,73	1,85	0,000	0,000	0,000	0,000
69,662	65,655	76,829	75,803	92,886	66,720	79,805	75,031	92,446	fade1	%saved1		10,75	17,00	99,99	99,99	100,00	100,00
30,338	34,345	23,171	24,197	7,114	33,280	20,195	24,969	7,554	other1	%saved1		86,52	81,16	0,011	0,006	0,000	0,001
0,538	0,371	0,172	0,000	0,000	0,257	0,095	0,000	0,000	vi1_c	%saved1							
0,217	0,773	0,049	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	c	%PAS1							
68,143	41,233	67,506	71,893	92,761	60,763	76,414	72,513	92,394	f	%PAS1							
31,545	57,751	32,428	28,107	7,239	39,170	23,584	27,487	7,606	o	%PAS1	2						
31,481	1,078	4,805	15,546	77,630	8,014	20,456	26,303	88,236	PAS1_f	%fade1							
85,877	77,285	74,707	93,379	99,116	79,731	78,819	93,432	99,418	tot.fade1	%fade1		43,66	58,96	0,00	0,00	0,00	0,00
25,417	23,241	43,155	57,030	70,454	32,053	53,116	59,345	75,655	expl2	%ini2		1,35	0,27	14,64	21,00	12,60	20,53
74,583	76,759	56,845	42,970	29,546	67,947	46,884	40,655	24,345	saved2	%ini2		98,65	99,73	85,36	79,00	87,40	79,47
4,811	6,083	3,896	0,019	0,000	3,707	2,276	0,000	0,000	vi2_o	%expl2							
0,027	0,046	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PAS2_c	%expl2							
3,470	1,156	1,364	8,953	4,191	1,009	1,017	9,210	5,063	PAS2	%saved2		0,132	0,063	0,000	0,000	0,000	0,000
77,688	76,125	77,016	79,631	94,741	73,745	80,368	78,067	93,987	fade2	%saved2		93,49	86,99	100,00	100,00	100,00	100,00
22,312	23,875	22,984	20,369	5,259	26,255	19,632	21,933	6,013	other2	%saved2		6,383	12,947	0,001	0,001	0,000	0,000
2,228	1,336	0,884	0,000	0,000	1,031	0,691	0,000	0,000	vi2_c	%saved2	3						
0,260	1,193	0,207	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	c	%PAS2							
0,521	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	f	%PAS2							
95,833	98,807	99,690	100,000	100,000	99,153	100,000	100,000	100,000	o	%PAS2							
0,006	0,001	0,001	0,012	0,060	0,000	0,001	0,009	0,032	PAS2_f	%fade2							
170	166	154	152	236	158	143	148	213	ini3	*fade2		167	202	53	53	55	53
h M1	h	i	l2	l3	f	s	k2	k3	M2-5			cfM	crM	6fN	6fM	6rN	6rM
0,007	0,012	0,028	0,005	0,000	0,022	0,049	0,006	0,007	expl3	%ini3		0,000	0,000	0,026	0,040	0,011	0,019
99,993	99,988	99,972	99,995	100,000	99,978	99,951	99,994	99,993	saved3	%ini3		100,00	100,00	99,97	99,96	99,99	99,98
21,101	31,404	18,734	0,000	0,000	15,309	15,029	0,000	21,101	vi3_o	%expl3							
0,000	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	PAS3_c	%expl3							
0,028	0,003	0,005	0,075	0,252	0,002	0,004	0,069	0,028	PAS3	%saved3		0,026	0,035	0,000	0,000	0,000	0,000
99,629	99,628	99,603	99,549	99,685	99,622	99,596	99,542	99,629	fade3	%saved3		99,66	99,71	99,95	99,95	99,97	99,98
0,371	0,372	0,397	0,451	0,315	0,378	0,404	0,458	0,371	other3	%saved3		0,318	0,252	0,052	0,048	0,028	0,024
0,005	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,005	vi3_c	%saved3							
0,000	0,403	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	c	%PAS3	q c						
21,602	20,161	17,571	16,621	23,650	14,706	15,294	12,438	21,602	f	%PAS3							
78,398	79,435	82,429	83,379	76,350	85,294	84,706	87,562	78,398	o	%PAS3							
0,006	0,001	0,001	0,012	0,060	0,000	0,001	0,009	0,006	PAS3_f	%fade3							
	0,693	0,545	0,256	0,111	0,661	0,521	0,235	0,088	rys.1d			0,355	0,171		0,254		0,125
	0,307	0,455	0,744	0,889	0,339	0,479	0,765	0,912				0,645	0,829		0,746		0,875



(a) - Typowe postacie krokodyli głównych typów sieci w met8.

(a1) – Sieć sh (to sieć sf z 30% odejmowaniem nodów a 70% dodawania nodów jako inicjacje). Tu jest 4-ta sieć h z s,K=4,3, pass=6 (pass*50=Nkońcowe, tu=300).

UWAGA: w analizie wyników pokazanych na rys.1-2 etapy M to suma dwóch kolejnych tu widocznych passów, tak M1 to wzrost od 50 do 150, czyli passy oznaczone na krokodylach jako 2 i 3. (a2) – 28 sieć si, pass=10, także s,K=4,3 jak w podstawowych sieciach badanych w met8: h,i,f,s.

8.3.3 Obserwacje krokodyli

Rys.6. Przykładowe ‘krokodyle’ i ich elementy.

Tak jak już w m5.rys.7 kolejne strony tego rys mają oznaczenia literowe, a w ramach strony – cyfrowe.

Podstawowe elementy kolejno od góry w dół:

Wzrost w danym passie o kolejne 50 nodów. W pionie między linią **zieloną** (początkowa liczba nodów N-50) a czarną u góry (N jak niżej przy lewym górnym rogu głównego prostokąta) jest 50 pikseli. Oś pozioma to kolejna próba. **Czerwone punkty** wskazują PAS. 2 piksele nad linią na **zielono** zaznaczone są przypadki akceptowalne, ale ze zbyt małym atraktorem dla kumulacji. Jeszcze wyżej o 1 piksel, na **buraczkowo** zaznaczona zmiana atraktora.

Poniżej, na **niebiesko** pomiędzy liniami **zielonymi** zaznaczony jest w skali 50 **lód** dla przypadków kumulowanych.

Poniżej drugiej zielonej linii, odkładane w dół w skali 50 są liczby nodów z k, (k=liczba wyjść z nodu), dla k=0 (czarny),

k=1 (**czerwony**) i k=2 (**buraczkowy**).

Pokazanie tych parametrów procesu pozwala na sprawdzenie na ile **lód** i k mają związek ze wzrostem. Ogólnie okazuje się, że znikomy.

Jeszcze powyżej czarnego prostokąta A1(t) od lewej podane są kolejne atraktory liczbowo. Bezpośrednio nad ramką prostokąta na **zielono** zaznaczone jest wystąpienie stanu z tmx w początkowym wzorcu, czyli jego atraktor wskazany także liczbą po prawej. Pomiędzy atraktorami i ramką zaznaczono zakres **PAS** nie różniących się od wzorca, czyli z A1=0 (patrz b3) oraz **PAS** i dodatkowo **piksel** nad nim, gdy A1 było wtedy nad progiem (b,c).

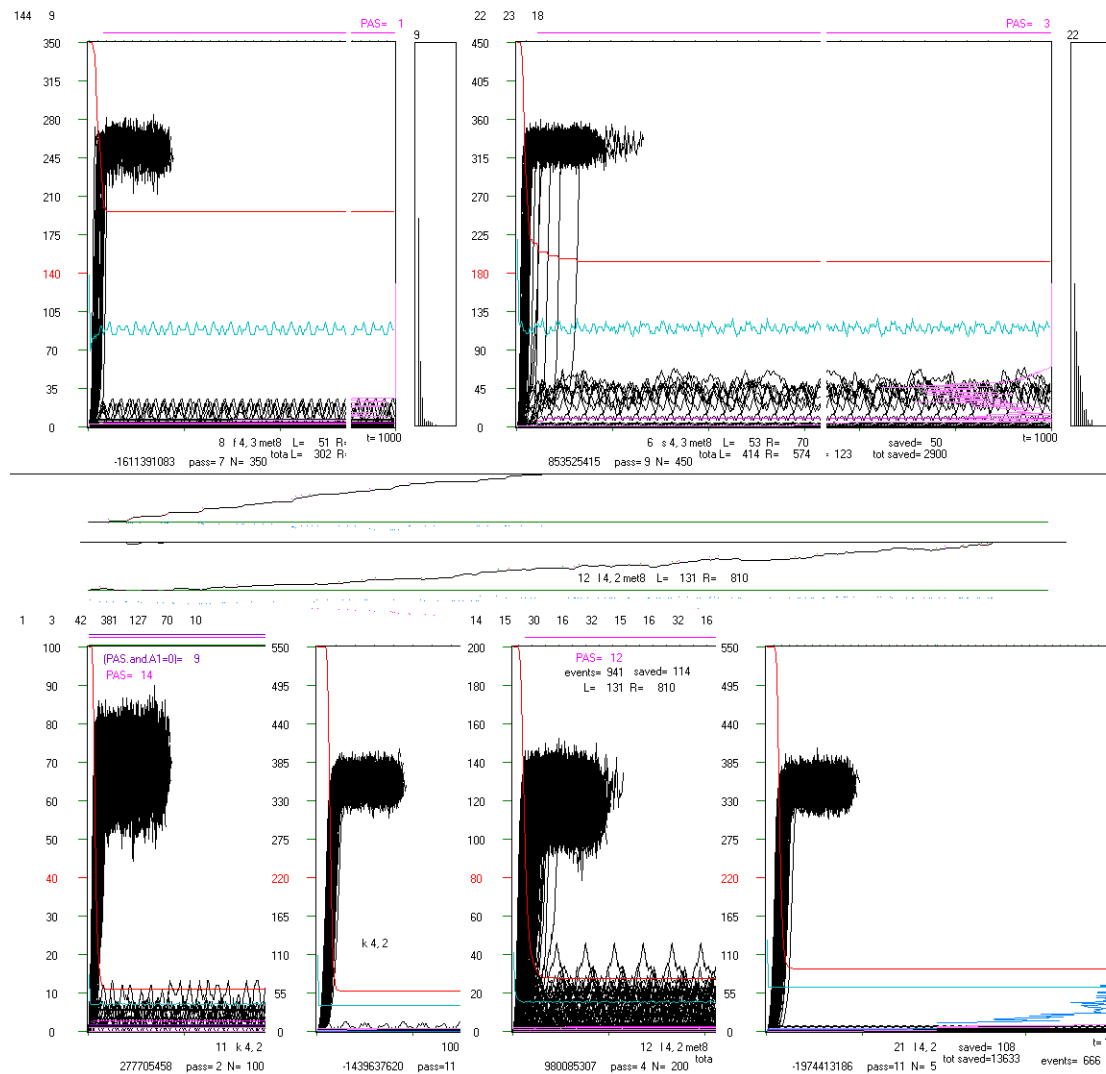
Poniżej w prostokacie przebiegi A1(t) (czarne). Po przejściu do chaosu (ponad próg zaznaczony na **czerwono** z lewej, tu przykłady z początkowych symulacji gdzie próg=0.4N, ale główna symulacja to próg=0.2N i dodatkowa =0.5N) liczone i zaznaczane jest tylko 70 kroków czasu t (oś pozioma, 1 piksel=1 krok t) ale jeżeli w tym czasie proces powrócił pod próg, to liczony był dalej (patrz rozdz.8.2.3 i c,f). Liczono do tmx=1000.

Skala z lewej dotyczy końca passu, który rozpoczyna się od N-50.

Wartości A1(t) są skalowane: A1/Naktualne*Nkońcowe.

Linia **czerwona** to q(t) podsumowujące pass w skali 1 w miejscu Nkońcowego. Podobnie linia **niebieska** wskazująca udział A1=0.

Po prawej rozkład P(k) dla k=0 do k=10, jednak (bez znormalizowania) wysokość w pikselach to liczba nodów z takim k.



(b) – Typowe obrazy krokodyli dla pozostałych sieci w postaci ich najważniejszych wycinków. Oczywiście krokodyle są dość zróżnicowane, głównie zmienia się postać i szerokość pasa dolnego.

Górny rząd – sieci z $s, K=4,3$ bez odejmowania: (1) sf 4,3 z lewej i (2) ss 4,3 po prawej.

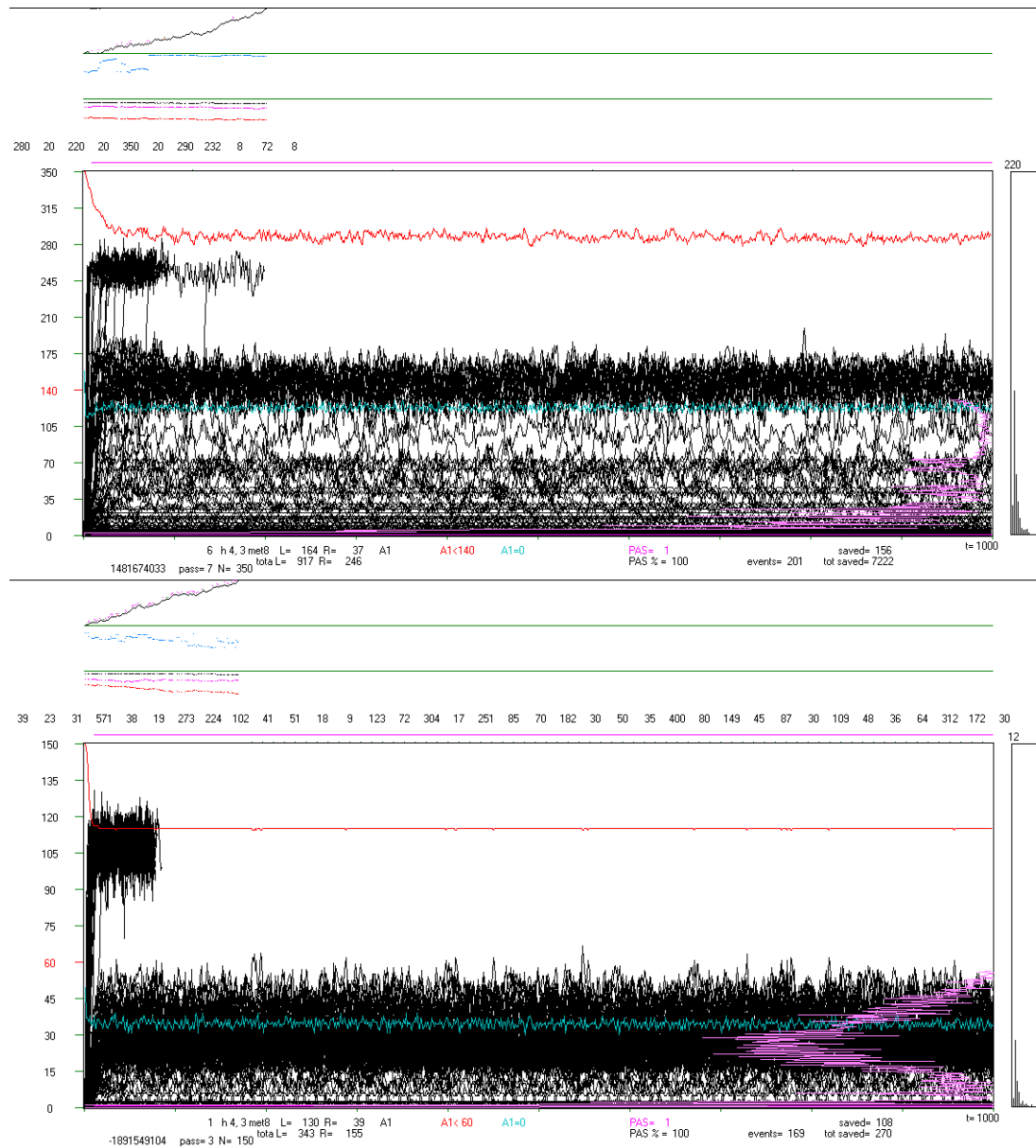
Wycięte środkowe części wyglądają jak pokazany zakres.

U dołu $s, K=4,2$, po 2 przykłady sieci ak 4,2 (3,4) bez odejmowania oraz al 4,2 (5,6) z 10% odejmowaniem węzłów. Tu nie było sensu pokazywać $P(k)$, gdyż liczba wyjść z każdego węzła wynosi $k=K$. Z uwagi na brak $k=0$ i przede wszystkim $k=1$, wzrost jest znacznie trudniejszy, co początkowo spowodowało odstępianie od $K=3$, stosowanego w pozostałych badanych typach i przyjęcie $K=2$, oraz zmniejszenie udziału odejmowania do 10%. Mimo to nie wszystkie passy sieci al zdążyły podnieść N o 50 na odcinku 1000 prób i były przerywane, dalej dozwolono 9000 prób i w tym zakresie zazwyczaj także ak oraz al 4,3 zdążyły wzrosnąć o 50. Ostatecznie po 200 kolejnych akceptowalnych, które nie dały kumulacji z uwagi na za mały atraktor dozwolano na kumulację aktualnie proponowanego przypadku akceptowalnego niezależnie od jego atraktora. Wzrost wraz z lodem dla (b5) wkopiowano w miejsce, gdzie normalnie były liczby węzłów z $k=0, 1, 2$. Ważniejsze informacje z pominiętych obszarów przekopiowano w inne miejsca. Dla (b4) i (b6) nie pokazano wzrostu, nie było w tych przypadkach nowych atraktorów ani PAS.

Wszystkie przedstawione tu przypadki są typowe, mają typowy obraz dla półchaosu obserwowany już wcześniej (met1-7) dla inicjacji poprzez permanentną punktową zmianę funkcji.

Po prawej stronie prostokąta z $A1(t)$ na jego prawym boku w każdym passie zaznaczony jest na **buraczkowo** udział wartości $A1$ poniżej progu. Ta metoda stosowana była już na **m3.rys.3**, oraz na **m5.rys.9** do pokazania obecności ro-modułów. Tu na (b2) oraz (a1) widać wyraźny poziom bardziej zamazany na czarno przez $A1(t)$ i wskazany w chwili podsumowania passu przez ów wykres na prawej ścianie. W ostatnim passie (=11), także podobnie jak we wcześniejszych badaniach, pokazywano na niebiesko taki wykres zbierany na całym procesie kumulacji. Tu widoczny jest na (b6),

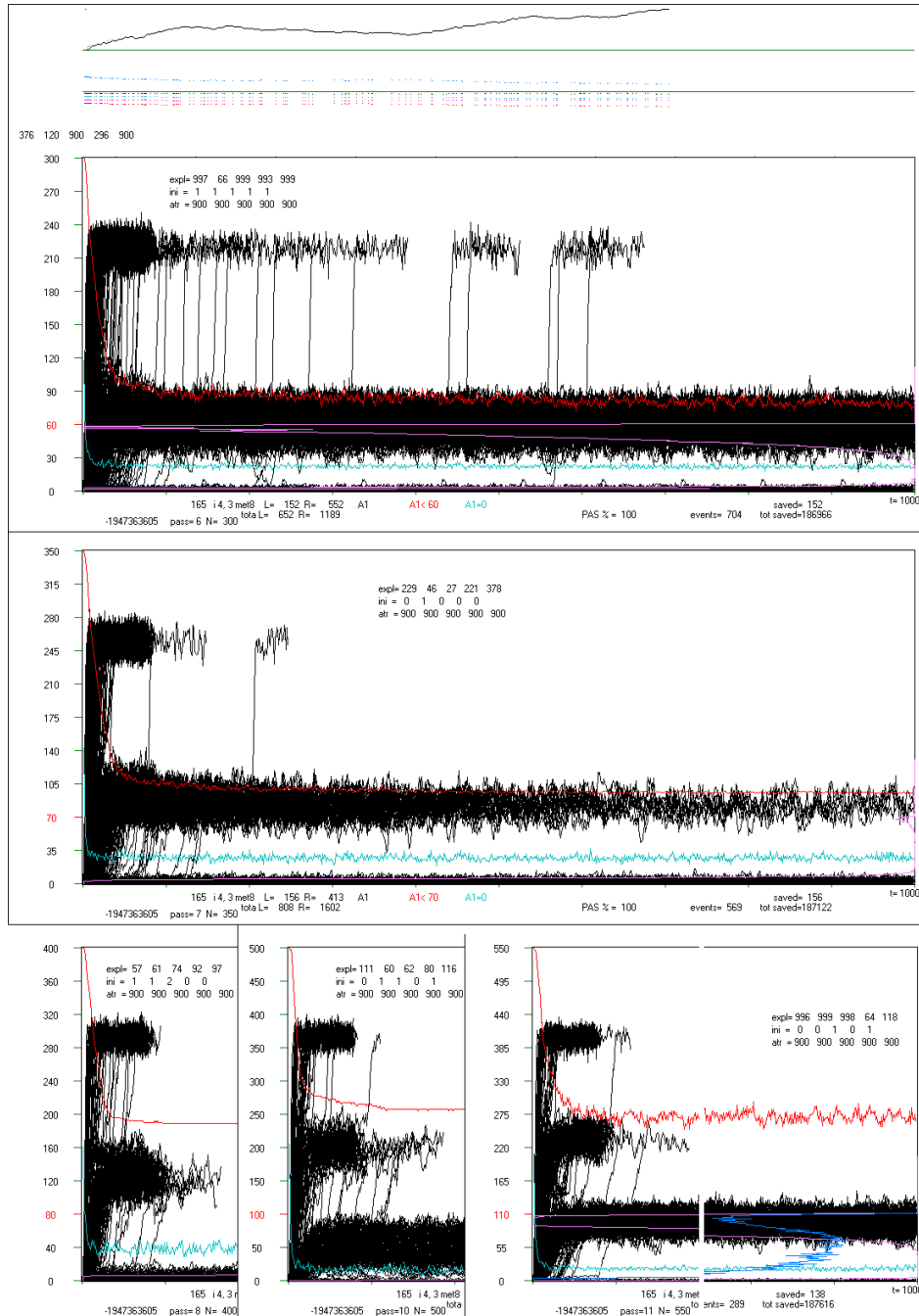
jednak takie obrazowanie okazało się mało skuteczne (d5). Znacznie bardziej przekonujące jest wskazanie wielkości lodu (tu b1,2 ogólnie: **rys.4cfg**, **9e2-h2,f3,h3**), który utrzymuje się na wysokim poziomie, co świadczy o mechanizmie ro-modułowości.



(c) – Mniej typowe przypadki sieci h 4,3 (ze wstępnych serii symulacji) w których występują dość wysoko położone dodatkowe ‘poziomy Derridy’ (patrz rozdz.8.4.2) sugerujące obecność dużych ro-modułów. Jednocześnie występuje tu wiele sporych atraktorów. Mimo to lód utrzymuje się na stosunkowo wysokim poziomie, a nawet w przypadku (c1) powraca do bardzo dużych wartości. Te wielkie ro-moduły zamrażały więc podobnie, jak to bywało obserwowane w met7, co wskazuje na ich ro-modularny charakter. Podobne przypadki występują sporadycznie i raczej jest to własność danej konkretnej sieci, gdyż obraz w innych passach tej samej sieci także wykazuje podobny charakter (patrz d, f).

(c1) – hipotetyczny ‘poziom Derridy’ dla ‘ro-modułu’ wypadł tu prawie dokładnie na progu, który wcale nie jest niski (0.4N). W tej sytuacji, mimo przechodzenia ponad próg, proces nie był zaliczany do chaosu, bo zdążył powrócić przed 70 krokami z powrotem pod próg, przechodząc tak w obie strony wiele razy aż do tmx. Trudno wnioskować na takiej podstawie, co zrobić z arbitralnie wyznaczanym progiem, tu wydaje się, że powinien być obniżony, ale po takiej decyzji przypadek (c2) znalazł by się w takiej samej sytuacji i przypadków takich byłoby więcej. Takie przypadki są na tyle wyjątkowe, że nie wpływa to znacząco na statystyczny obraz zjawisk i raczej próg został wybrany dobrze, ale przypadki takie jak na (c1) doprowadziły do „zasypywania” przerwy pomiędzy pikami (rys.1b, 2abc), a więc osłabienia naturalnego kryterium tożsamości i w rozdz.8.2.3 do rozważań nad uznaniem za chaotyczne przypadki, które przynajmniej raz przeszły ponad próg.

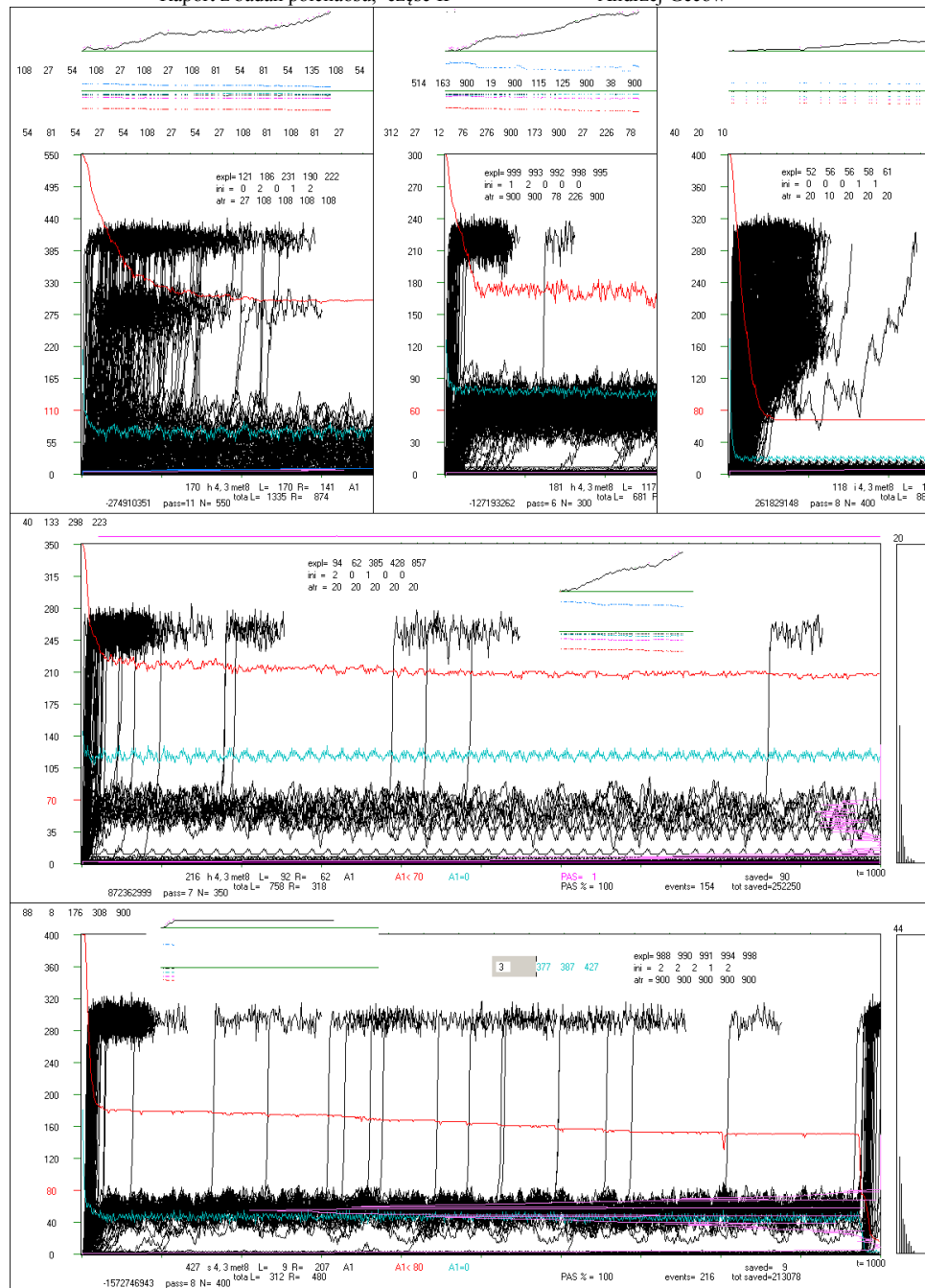
(c2) - duża liczba różnych atraktorów, o sporym rozrzucie, świadczy o złożoności zjawisk, jakie miały tu miejsce. Mimo to w obu przypadkach (c1,2) q(t) utrzymuje się na wysokim poziomie, co świadczy o stabilności ewolucyjnej występującego tu półchaosu. Porównując stopień zaciemnienia środkowego pasa w (c1) z (c2) można powiedzieć, że ten spektakularny pas jakby poziomu Derridy na poziomie progu dotyczy dość małej liczby przypadków. Niestety, nie sięga na ten zakres wykres częstości użycia A1 na prawej ścianie. Patrz też (d, e2,3, f1-8).



(d) – Podobny do pokazanych na (c) przypadek sieci si z głównej serii z progiem 0.2N. Historia ewolucji jednej sieci: 165 si 4,3 od passu 6 z pominięciem passu 9. Widać tu charakterystyczny wzrost tego, co nazywamy tu ro-modułem. W met8 twory te niekoniecznie są tylko „semi”-modułami, gdyż sieć powstaje pod kontrolą warunku małej zmiany i mogą jednocześnie tworzyć się prawdziwe moduły – taka możliwość została sprawdzana i badania te opisuje **rozdz.8.4.2**, a w jego wyniku także rozdz.8.5 zmieniający pierwotne ‘semi’ na ‘ro’.

Okazuje się, że rzeczywiście są to także klasyczne moduły, ale nie koniecznie powstały one w wyniku selekcji podczas ewolucji. Gdy są wielkie i pod progiem, to w mechanizmie dodatniego sprzężenia zwrotnego jeszcze rosną. Są to zbiory nodów o szczególnie mniejszej od losowej liczbie linków z niego do reszty i mniejszym średnim k – liczbie linków wyjściowych z nodu. W tym przypadku można podejrzewać właśnie udział takiego „wspomagania”. Na (d1) widać jakby poziom Derridy dla sporego ro-modułu, niemal dokładnie na progu (patrz **rys.11**). Oscylacje wokół tego poziomu nie pozwalają na przerwanie tych procesów, tworzą charakterystyczną w takich przypadkach zębatą linię q(t), która jednak leży stosunkowo nisko. Te oscylacje powodują, że 5 najpóźniejszych eksplozji dotyczy przejść przez próg w ramach tego pasa wzbudzonego ro-modułu, a nie z niego do podstawowego poziomu Derridy dla całej sieci. Wzorec startował tu z atraktorem nieznanym (900) i atraktor zazwyczaj pozostawał spory, co tłumaczy wiele późnych eksplozji.

Na (d2) ten ro-moduł, a może jednocześnie i moduł, wyraźnie podrośł więcej niż próg i procesy, które w ramach tego modułu weszły w chaos większość czasu pozostają ponad progiem, więc znaczna ich część zostaje jednak przerywana. Powoduje to zmniejszeniem gęstości tego pasa z upływem czasu procesu t. Nadal atraktor nie jest znaleziony, ale mniej procesów eksploduje do głównego poziomu Derridy dla całości sieci. W następnym passie 8 (d3) omawiany moduł jest już całkiem ponad progiem, ale na samym dole „rodzi” się następny taki twór. Jest on jeszcze daleko od progu, nie sięga go nawet jeszcze w passie 10 (d4) a wchodzi oscylacjami ponad próg dopiero w passie 11 - ostatnim (d5). Nowy moduł (lub ro-moduł) istotnie podnosi poziom q(t). Mechanizm pokazanego tu zjawiska badany w rozdz.8.4.2, ale na podstawie sieci ss bez odejmowania, wyjaśnia, dlaczego moduły te rosną.



(e) Kilka innych specyficznych przypadków serii głównej.

(e1) – wyraźne dwa poziomy Derridy w zakresie chaosu, co silnie sugeruje obecność modułu. Wiele atraktorów, końcówka ich wyliczenia wstawiona w zakres obrazowania lodu, który tu jest wyjątkowo mały i to stabilnie. Obcięty kawałek nie różni się od końcówki pokazanego, tak jak we wszystkich obcinanych przypadkach.

(e2) – prawdopodobnie poziomy Derridy w ro-module na progu. Podobnie sporo atraktorów, ale tu na końcu pojawia się i pozostaje atraktor 900 - nie znaleziony (raczej b. duży, ale mógł pojawić się zbyt późno). Eksplozje nie ustają do samego tmx, co wskazuje 5 najpóźniejszych. Należy tu zauważyć, że zdarzyła się eksplozja w $t=992$ przy atraktorze $=78$. Także przejścia z najniższego pasa do pasa ro-modułu wynikają z braku drugiego obrotu atraktora.

(e3) – Wydaje się, że są tu oprócz poziomu Derridy dla całej sieci, także 2 (lub więcej) niższe poziomy w dużych ro-modułach.

(e4) – Mimo sporych atraktorów i niespecjalnie wielkiego lodu zdarzyła się propozycja PAS, nie skumulowana z uwagi na zbyt mały atraktor. Liczba procesów w pasku ro-modułu zahaczającym o próg nie jest duża – te kilka eksplozji do poziomu Derridy całej sieci wyraźnie go przerzedziło. Obraz ten świadczy o chaotycznym przebiegu w tym pasku, choć może to być wynikiem dużego lub późnego atraktora.

(e5) – Jeden z nielicznych przypadków zapaści chaotycznej w wyniku wciągnięcia „ogona” z eksplozją jako wzorca. Takich przypadków było kilka wśród 600 sieci. Gdy atraktor nie jest znaleziony w zakresie tmx, to nawet dla skumulowanych szansa na wystąpienie eksplozji zaraz po tmx, w następnych 50 krokach t , jest znaczna. O te 50 kroków przesuwany jest początek – chwila wprowadzania inicjacji, a koniec wzorca jest dobudowywany. Ten koniec nie jest sprawdzany – wymagałby sprawdzonego wzorca. Wystąpienie we wzorcu tak wielkiej zmiany jest równoważne z kumulacją zmiany chaotycznej jak w eksperymencie X w met7 – od tego punktu system jest normalnie chaotyczny, a nie półchaotyczny. Szanse na zmianę odwrotną w skutkach i z tak wielkim opóźnieniem są pomijalne. Jednak podobna sytuacja we wzorcu, która miałaby wystąpić dalej, niż te 50 kroków już nie jest tak groźna, gdyż nie jest w zakresie tmx po przesunięciu i pozwala na kumulację „zdrowego” wzorca, zazwyczaj innego w tym punkcie odległym od punktu inicjacji.

Takie ‘wciąganie chaotycznego ogona’ często jest wynikiem wzrostu modułów z chaosem w środku i przechodzeniem ich przez próg albo typowego silnego wydłużenia atraktora lub dojścia do niego poza tmx.

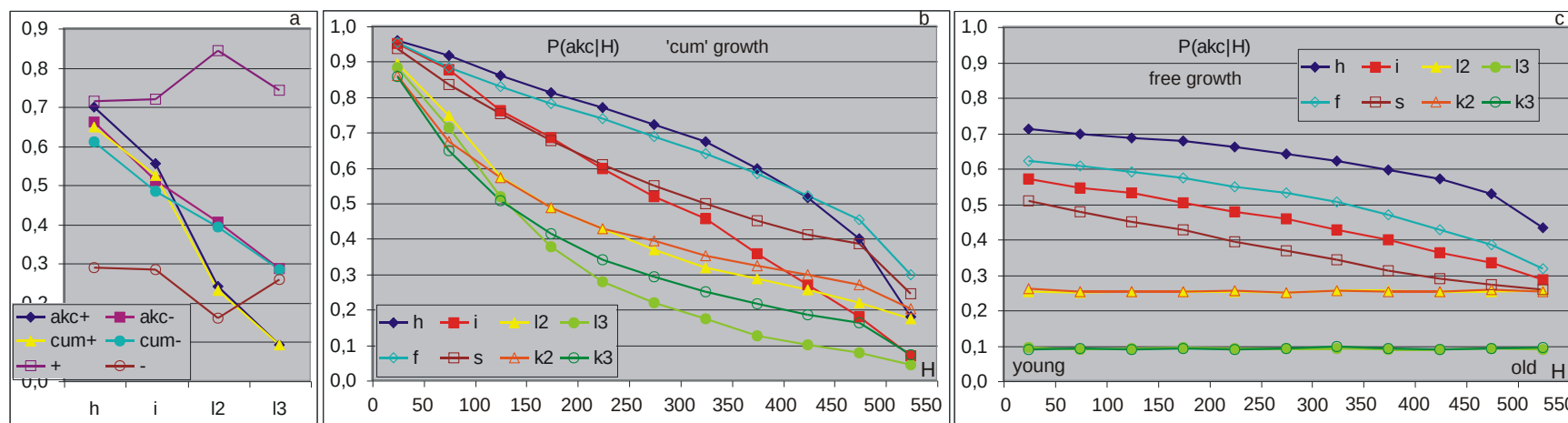
8.4 Tendencje

Tendencje zdefiniowane zostały już w moim doktoracie z 1987r a później opisane w pracach [krab,dgec,ggec], gdzie jest to różnica pomiędzy zadaniem rozkładem losowym a rozkładem zmodyfikowanym przez warunek adaptacji. Tu odpowiednikiem warunku adaptacji jest słabszy warunek akceptacji oparty jedynie na nieprzekraczaniu progu zmiany wielkiej, ale czynnikiem modyfikującym jest warunek kumulacji, nieco silniejszy od akceptacji (większe atraktory niż 6 dla zwiększenia siły przekonywania uzyskanych wyników), gdyż to on utrzymuje konkretną, badaną specyfikę stanu systemu nazwaną półchaosem (choć sama akceptacja wystarczy). Ogólnie, wszelkie różnice statystyczne własności nodów wynikające z ewolucji utrzymującej półchaos (kontrolowanej małą zmianą) są tendencjami. Tak np. tendencjami są: samo utrzymywanie się półchaosu oraz utrzymywanie się wysokiego poziomu lodu po starcie z atraktora punktowego, które znikają natychmiast po dopuszczeniu kumulacji zmian dowolnych.

8.4.1 Tendencja konserwatywności starszych nodów

Można podejrzewać, że nody, które długo są już w sieci i jeszcze nie zostały odjęte (w sieciach sh,si,al), są rzeczywiście trudniejsze do odjęcia z powodu ich otoczenia. To otoczenie zmienia się i może po pewnym czasie od nieskutecznej próby odjęcia pozwolić na takie odjęcie. W przypadkach sieci sh i si osobnym aspektem jest stopniowe przybywanie wyjść w nodach podczas ewolucji, co oczywiście silnie utrudnia odjęcie, więc do sprawdzenia tej hipotezy nadaje się tylko sieć al. Wykonano więc dodatkowy pomiar prawdopodobieństwa akceptacji odjęcia w zależności od kolejności przyłączenia danego nodu do sieci. Nie notowano czasu przebywania nodu w sieci, wystarczył podział obecnego zbioru nodów ustawionych w kolejności przyłączania (co było już gotowe) na kolejne 50-tki.

Rezygnacja z warunków akceptacji tworzy natychmiast stan chaotyczny, a w nim $P(akc|-)$ jest praktycznie 0 dla każdego nodu, niezależnie, kiedy był do sieci przyłączany. Nie ma więc wygodnej możliwości porównania tego wyniku do identycznego procesu w pełni losowego, ale można badać procesy na tyle podobne, że wykażą one obecność tendencji.



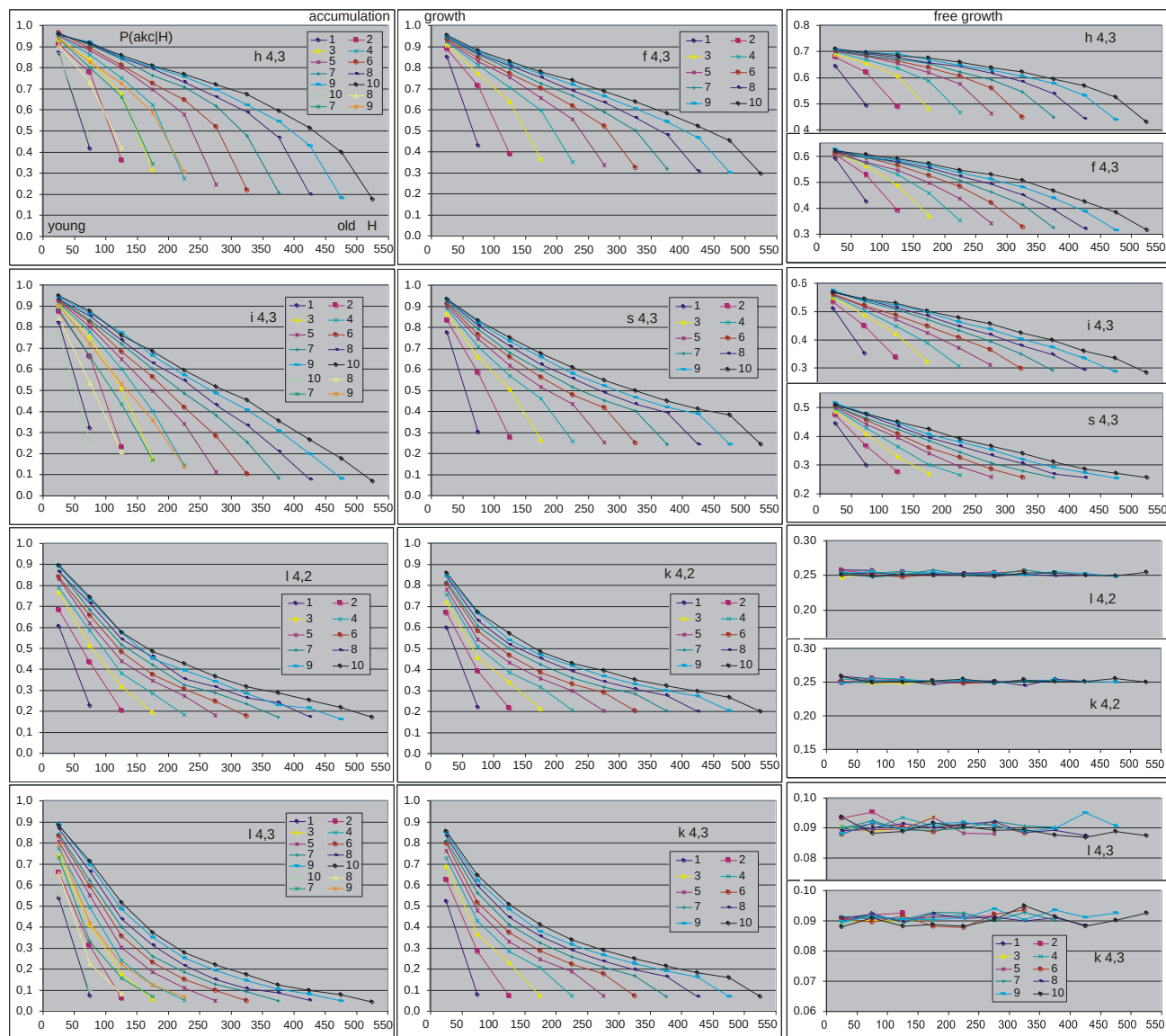
Rys.7. Tendencja konserwatywności starszych nodów.

(a) - Prawdopodobieństwo akceptacji i kumulacji losowych propozycji dodania lub odjęcia nodu oraz udział kumulacji dodawania i odejmowania. Jak widać, dla al zmiany mają znacznie mniejsze prawdopodobieństwo akceptacji i kumulacji niż w sh i si (zawsze $k=2$ (l2) lub 3 (l3)), a dodawanie ma znacznie mniejsze od odejmowania. Udział odejmowania w propozycji zmiany jest 0.3 dla sh i si, a dla al trzeba było zmniejszyć do 0.1 by sieć rosła. Ogólnie akceptacja i kumulacja mają szanse zbliżone.

(b,c) - Prawdopodobieństwo $P(akc|-,H)$ akceptacji odjęcia nodu dla wszystkich 8 typów sieci. Dla sh,si, al pomiar w trakcie ostatniego passu, dla sf,ss,ak w trakcie dodatkowej próby odejmowania nodów po osiągnięciu $N=550$, bez kumulacji. Oś pozioma H – przedziały kolejności przyłączenia nodu odpowiadający z grubsza „głębokości historii” i „wieku” nodu. 50 najmłodszych wśród aktualnie obecnych, przyłączone w ostatniej kolejności, stanowią przedział 0-50, a najstarsze 50 wśród aktualnie obecnych – przedział 500-550. (Na rys.8 przedstawiono pomiary dla każdego passu.)

(b) - dla sieci rosnących z warunkiem kumulacji. Wszystkie sieci wykazują wyraźną zależność – starsze nody mają mniejsze prawdopodobieństwo akceptacji odjęcia.

(c) - dla sieci rosnących losowo bez warunku kumulacji. Sieci al, ak, które mają ustalone k nie wykazują zależności prawdopodobieństwa akceptacji odjęcia od wieku nodu, natomiast sieci sf,ss bez odejmowania oraz z odejmowaniem (sh,si) zależność taką wykazują, choć jest ona słabsza niż w (b). Świadczy to, że spadek szansy na akceptację odjęcia z wiekiem nodu w sieci ak rosnącej z warunkiem kumulacji wynika z warunku kumulacji, a dla sieci sf,ss,sh,si wynika także ze wzrostu stopnia k (liczby wyjść). Dla al które dla wzrostu losowego (c) nie wykazuje zależności, zależność w (b) jest wykazaną tendencją konserwatywności starszych nodów. Dla pozostałych sieci tendencję tę widać we wzroście nachylenia na (b) względem (c). Formalnie na (c) zależność od wieku nodu nie jest tendencją (w moim sensie), bo nie wynika z warunku kumulacji.



Rys.8. Tendencja konserwatywności starszych nodów w trakcie wzrostu sieci.

$P(akc|-,H, pass)$ dla wzrostu z warunkiem (dwie lewe kolumny) i bez warunku kumulacji (prawa kolumna). H - kolejność przyłączenia, wiek nodu. (Patrz rys.7). Okazuje się, że kształt tych zależności w kolejnych passach jest praktycznie taki sam i po przeskalowaniu linie nakładają się. Jedyne ostatni przedział ma często niewielką specyfikę. Ta własność pozwala w zasadzie na ograniczenie się do najdokładniejszych danych z ostatniego passu pokazanych na rys.7.

Można budować sieć losowo, po czym tak jak po pierwszym passie, zbudować stan PAS, a następnie badać możliwość akceptacji odejmowania każdego nodu bez kumulacji takich zmian. Pośrednim badaniem może być wzrost sieci sf, ss i ak, a po każdym passie badanie $P(akc| -)$ wszystkich obecnych nodów bez kumulacji. W takim przypadku tendencja ta nie wynika z pozostawiania nodów „trudnych” do odjęcia podczas kumulacji odejmowania.

Wykonano więc takie badania. Ich wyniki pokazuje w skrócie rys.7. a dokładniej, z uwzględnieniem passów wzrostu rys.8. Zgodnie z oczekiwaniem losowo utworzone sieci ak i al nie wykazują zależności prawdopodobieństwa akceptacji odejmowania od wieku nodu. Okazuje się, że sieci sf,ss,ak rosnące z warunkiem kumulacji także wykazuje tendencję konserwatywności starych obszarów swojej struktury, czyli jest to wynik warunku kumulacji a nie wyczerpywania się nodów podatnych na odjęcie. Jak można wyczytać z rys.7b, siła tendencji dla sieci z kumulacją odejmowania i bez niej jest zbliżona, zwykle jednak odejmowanie nieco ją zwiększa. Mamy więc aż 3 niezależne

mechanizmy tworzące taką zależność, bo dochodzi wzrost stopni wierzchołków z czasem wzrostu sieci (**rys.7c** sieci sf,ss,sh,si, jednak ten mechanizm nie daje tendencji w moim sensie). Należy zauważyć, że w przedstawianych badaniach met8 nie ma warunku adaptacji, a jedynie jego część. Warunek adaptacji (dokładniej nie zmniejszania stopnia adaptacji) w moich wcześniejszych pracach [[krab,dgec,ggec](#)] był wskazany jako źródło podobnej tendencji. Zbliżone zjawisko obserwowane było początkowo jako prawidłowość ewolucji ontogenezy – „zmienności terminalnej i konserwatywności wczesnych stadiów”, które sformułował de Beer w r. 1940. Można postawić podobne, ale znacznie bardziej złożone pytanie o odporność starych nodów na zmiany otoczenia (z warunkiem małej zmiany utrzymującej półchaos) w procesach bez odejmowania. Wtedy kryterium starości miejsca trzeba byłoby oceniać na podstawie najbliższych sąsiadów. Tego jednak w prezentowanej pracy nie podjęto.

8.4.2 Powstawanie efektów modularności

Dopuszczenie w met8 (bo w met1-7 struktura była stała) zmian struktury (połączeń) kontrolowanej warunkiem małej zmiany tworzy możliwość powstawania tendencji w zakresie wpływu warunku małej zmiany na rozkłady częstości połączeń pomiędzy podzbiorami nodów sieci, czyli - efektów modularności. Dolne pasy w zakresie 'porządku' (pod progiem), pod którymi jest już prześwit, interpretowane były jako stan chaosu (równowagi Derridy) w ramach rosnącego modułu/ro-modułu. Należało sprawdzić, czy jest to moduł, czy tylko ro-moduł. Łatwe wskazanie zbioru nodów podejrzanego o bycie klasycznym modulem istotnie ułatwia takie sprawdzenie.

Obecność odejmowania powoduje duże zmiany struktury w ramach jednego passu, a kandydatów na moduły łatwiej wskazać pod progiem, więc przypadek 'si 165' z głównym progiem 0.2N pokazany na **rys.6d** mniej nadaje się do analizy, gdzie planowano uzyskać obraz efektów modularności w kolejnych passach, niż przypadek '**ss 349**' z **progiem 0.5N** pokazany na **rys.6f1-4**, gdzie połączenia w zakresie passu zmieniają się nieznacznie. Analizowane były tu passy 5-9, gdyż w passie 10 następowała zapaść chaotyczna, której przyczyn nie ma jeszcze w passie 9, a wyraźne, odpowiednie dolne pasy zaczynają się od passu 5, w którym sieć jest już względnie spora. Wyniki tej analizy przedstawia **rys.9a**.

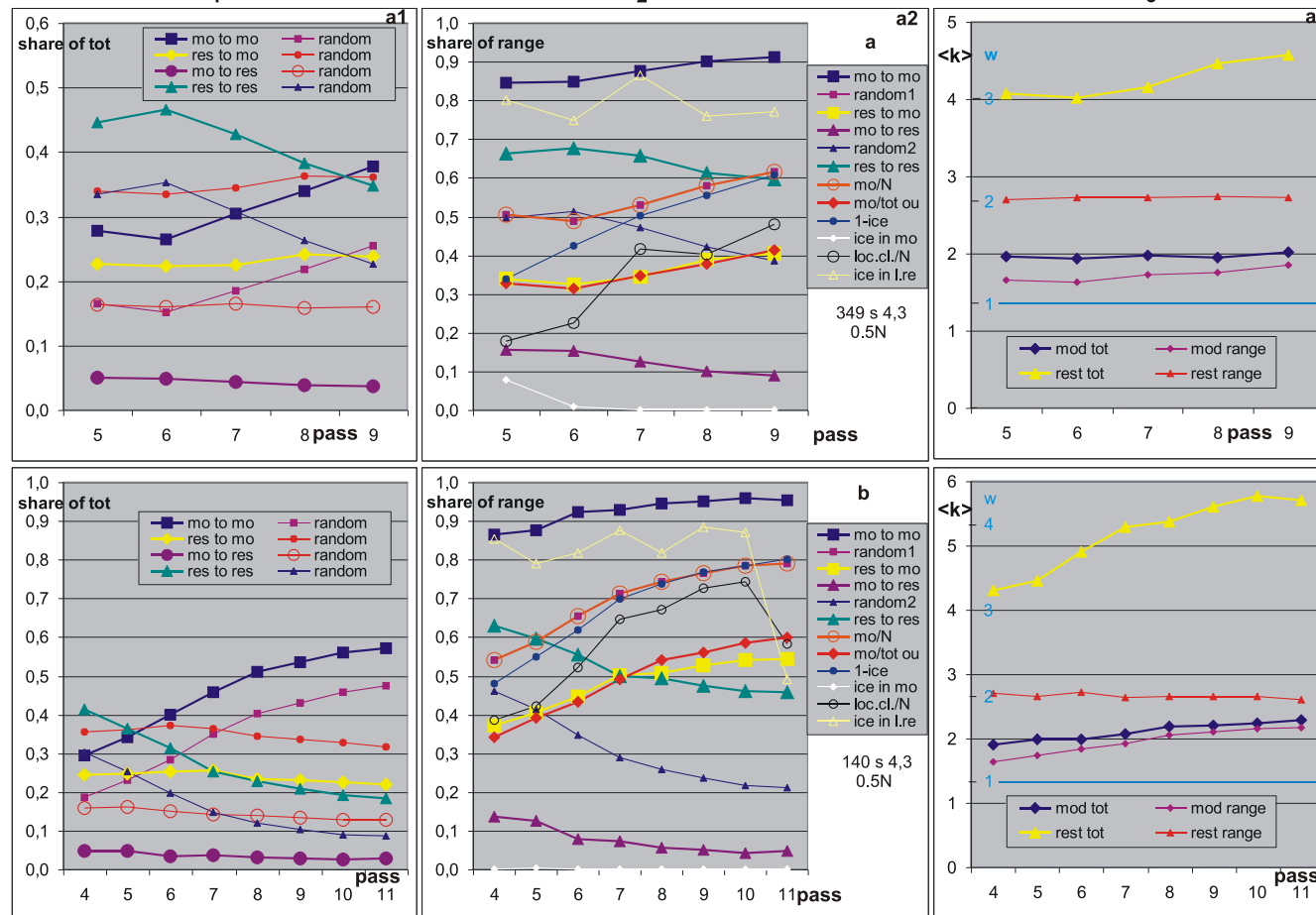
Dobrze widoczny na krokodylu zakres czarnego pasa pozwolił określić zbiór nodów, które mają zmienione stany względem wzorca w procesie, który mieści się we wskazanym zakresie A1(t) na odcinku t od t=200 do t_{mx} (później do 900, by odciąć obszar zapaści w passie 11). (Dokładniej: stwierdza się A1 w zakresie w chwili t, a wpisuje do zbioru 'mo' te nody, które w chwili t+1 mają inny stan od wzorca, jeżeli proces zakończy się akceptacją.) Zbiór 'mo' to hipotetyczny moduł. Oczywiście nie jest to dokładne wyznaczenie modułu, ale dobrze przybliżone, wystarczające, by sprawdzić statystyki jego połączeń.

Te statystyki bardzo wyraźnie wskazują na obecność modułów, ale nie są to silnie odgraniczone moduły. Aby wykryć nierównomierność połączeń należy porównać pomiary z przewidywaniami przy założeniu braku modułów. Linki wejściowe są zafiksowane – każdy nod ma ich dokładnie K=3, a linki wyjściowe, których jest k, mają wiele więcej możliwości korelowania. **Rys.9a** pokazuje podstawowe korelacje uzyskane z policzenia 4 zbiorów linków: z mo (modułu) do res (reszty); z mo do mo; z res do mo; z res do res. Gdyby nie było efektów modularności, to liczebności tych zbiorów powinny wynikać z udziałów zbiorów mo i res. Np. udział linków wejściowych zbioru mo to $P(i_{mo}) = mo/N$. Jednak liczba linków wyjściowych w mo i res może nie być taka, jak wynika z wielkości tych zbiorów (tj. liczby nodów w tych zbiorach), i też nie jest – w mo wyjść z nodów jest radykalnie mniej – **rys.9a3** (średnie k: $\langle k \rangle$).

$P(o_{mo}) = (\text{suma linków wyjściowych z mo}) / (NK)$. Oczekiwane udziały to $P(i,o) = P(i) \cdot P(o)$ dla odpowiedniej pary zbiorów mo i res. Taki obraz przedstawia pion 1 na **rys.9**, z którego wynika rozbieżność zmierzonych udziałów z takimi przewidywaniami pokazana na **rys.10**. **Klasyczny moduł jest silniej związany w środku niż z sąsiadami, co jest jego istotą, a taki obraz wylania się z przedstawionych pomiarów, co świadczy o obecności modułów i ich związku z kryterium wyboru zbioru mo.**

W pionie 2 **rys.9** przedstawiono podział linków wyjściowych z mo i res na wsobne i do zbioru przeciwnego. Jest to $P(i|o)$, tu przewidywaniem jest łatwe do wyznaczenia $P(i)$, gdyż a priori nie widać zależności od tego, skąd prowadzony jest link. Podział tych linków na oba kierunki także okazuje się nielosowy. **Rys.9a3** pokazuje też wynikający z $\langle k \rangle$ współczynnik rozmnażania zmiany $w = \langle k \rangle (s-1)/s$ [[dgec, it](#)], pozwalający przewidywać zachowanie się systemu, związany z wykładnikiem Lapunowa. Zbiór mo wybrany jako 'bardziej uporządkowany' rzeczywiście ma ten współczynnik znacznie bliżej jedności niż res, szczególnie dla linków wsobnych.

Nie ma potrzeby powtarzania tu opisu **rys.9**, który omawia badania w szczegółach. Dalej na **rys.9b** pokazano podobną analizę innego podobnego przypadku, jednak już w zakresie passów 4-11. Dała ona zbliżone wyniki, może nie tak radykalne dla mo, ale z różnic wynikała potrzeba większej statystyki. Zbadano więc po 7 wybranych sieci ('great') sf i 6 ss w ten sam sposób (w sieci ak nie występują przypadki 'great'), sumując wyniki z jednakowymi wagami dla każdej z tych sieci (**rys.9c,d**). Dalej zebrano podobne dane z 400 sieci sf, ss i ak2 (K=2) bez wybierania z nich przypadków rokujących większe moduły ('norm', **rys.9e-h**). Te wyniki zmieniły wyobrażenia i interpretację zbioru mo i obrazu na krokodylach – ten zbiór nie działa jako moduł, w którym osiągnięta jest chaotyczna równowaga Derridy, choć taka interpretacja, lecz z zastąpieniem mo przez klastę lokalną realnie występującą w pojedynczym procesie, jest poprawna dla początkowo wybieranych przypadków szczególnych w grupie 'great', z dużą przerwą pod szerokim pasem A(t) o A3 pod progiem na krokodylu. Zbiór mo w kolejnych passach, porównywany jedynie optycznie (**rys.11**), był tu zbliżony, tj. miał podobny skład nodów, a poziom obserwowanego pasa A1(t) odpowiadał (**rys.11**) poziomowi Derridy w klastach lokalnych, których rozmiar jest tylko nieco mniejszy od mo.



Rys.9. Efekty modularności w sieciach ss i sf s, K=4,3 oraz ak s, K=4,2, próg 0.5N.

Kolejne wiersze nazywane są kolejnymi literami, zwykle dotyczą one osobnych pomiarów; a piony (zawsze takie same pomiary oprócz cd4, hnp3) - cyframi, co zaznaczone jest nad górnym wierszem (a).

ab – wyniki analizy pojedynczych sieci ss o szczególnie wyraźnych „modułach w stanie chaosu” widocznych na krokodylach.

a – pierwszy analizowany przypadek sieci ss wybranej z głównej symulacji z progiem 0.5N, gdzie był on 319-tą siecią. Przypadek ten jest pokazany i opisany na rys.6f1-4, 11. Analizowane były passy 5-9, gdyż w passie 10 następowała zapaść chaotyczna.

Poniższa tabela podaje dla 4 typów linków

s349	1,2x	1y	1z	2y	2z
m>m	1,62	0,73	0,65	0,93	0,82
r>m	0,66	0,95	0,94	0,83	0,82
m>r	0,27	1,40	1,02	1,76	1,29
r>r	1,41	1,28	1,48	1,12	1,29
s140	1,2x	1y	1z	2y	2z
m>m	1,34	0,52	0,39	0,91	0,68
r>m	0,69	1,12	1,12	0,68	0,68
m>r	0,24	1,67	1,24	2,93	2,18
r>r	1,79	2,26	3,58	1,38	2,18

(mo to res = m>r); x= pomiar/random; y=pass5/pass9 dla pomiaru; z - dla random.

Dla ss140 jest to pass4/pass11. Dla przedstawienia w kolumnie 1,2 x jest oczywiście jednakowe, takie wielkości dla eksperymentów przedstawionych na c-p pokazuje rys.10. **a1**- udział 4 typów linków w zbiorze linków całej sieci na końcu passa. Tu 'random' = $P(i) = P(i) \cdot P(o)$ (o=wyjście z mo/res; i=wejście do mo/res) to przewidywania przy założeniu braku efektów modularności wynikające z $P(i)$ dla wejść - z liczebności zbiorów: **mo (moduł) i res (reszta)** – patrz a2 mo/N, gdyż każdy node ma K wejść; $P(o)$ dla wyjść - z podsumowania liczby wyjść w mo oraz res, gdyż $\langle k \rangle$ (patrz a3) okazuje się w tych zbiorach wyrażnie inne. Szczególnie **duże odstępstwa ma udział linków z mo do res** – znacznie mniejszy od przewidywań (około 1/4 random, patrz powyższa tab.). Pozostałe połączenia różnią się od random o czynnik około 2/3.

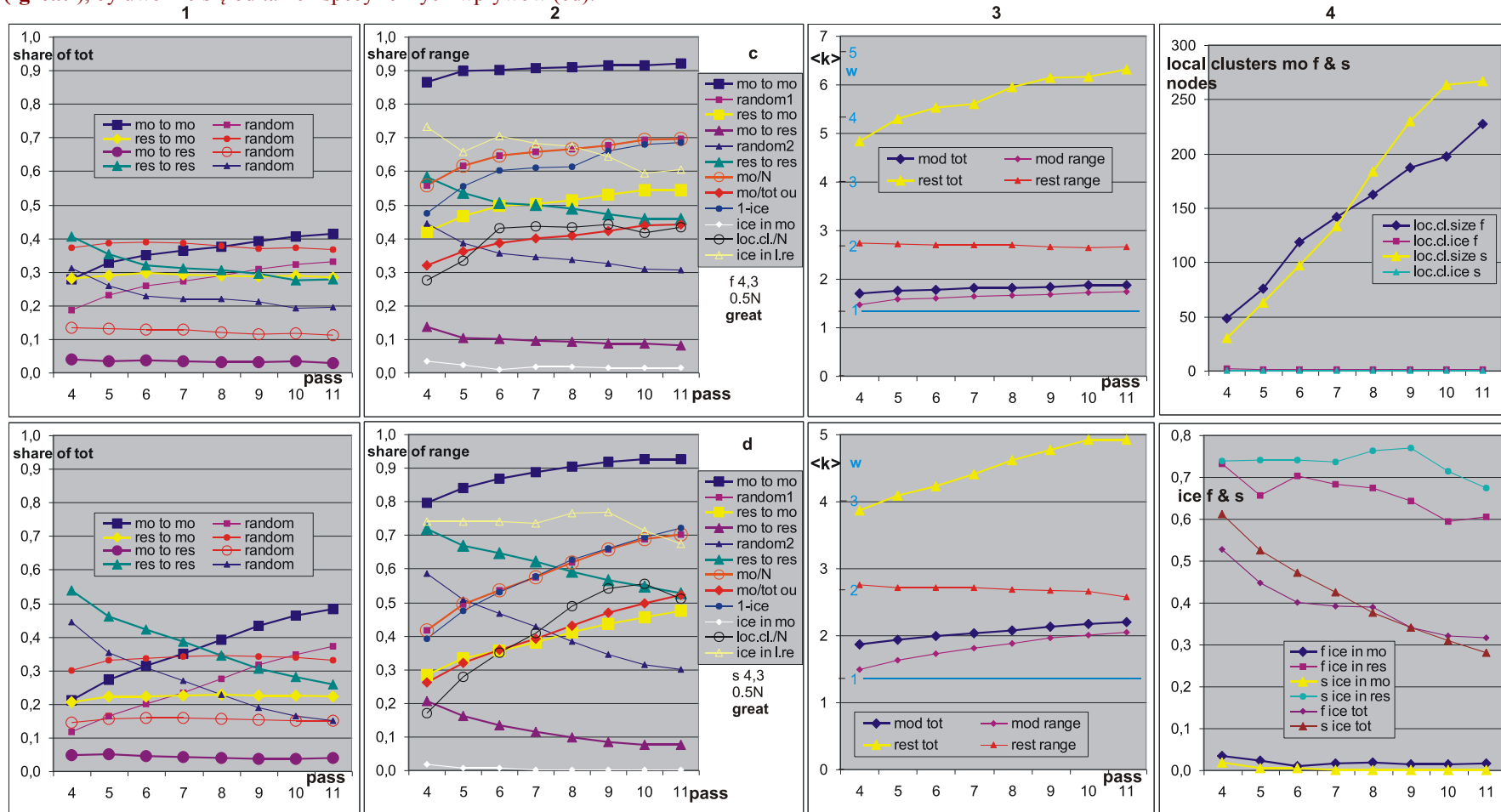
Klasyczne moduły powinny mieć silniejsze połączenia w ramach modułu, a słabsze pomiędzy, i tu właśnie obserwujemy taką sytuację.

a2- udział kierunków linków wyjściowych w zakresie zbiorów mo i res; mo stanowi niecałą połowę nodów sieci (mo/N), ale ma małą część linków wyjściowych (mo/tot). Tu przewidywania random = $P(i|o)$ (np. random1 = $P(\text{link do mo} | \text{wychodzi z mo lub res}) = \text{mo}/N$) wynikają z udziałów wskazanych przez mo/N, przez co random1 pokrywa się z mo/N, a random2 jest jego odbiciem w 0.5, tak, jak i pozostałe zależności. Uwaga: N rośnie w passie o 50, ale zbiór mo jest zdefiniowany na końcu passa, gdzie także według tego przydzielane są linki do odpowiednich zbiorów według ich końca i początku. Największe i stabilne **odstępstwo to mo do res** od random2 (oczywiście, jak na a1).

a3 – średnie k w zbiorach (tot) mod i rest oraz część tych linków wyjściowych, jaka trafia z powrotem w zakres (range) tych zbiorów. Odległość między tot i range to część tot, jaka idzie do zbioru przeciwnego. $\langle k \rangle$ powinno wynosić dokładnie 3, gdyż tyle ma K, a sieć jest autonomiczna. Ponieważ współczynnik rozmnażania zmiany [dgec, it]

$w = \langle k \rangle (s-1)/s$ a tu $(s-1)/s = 3/4$ wystarczy liniowo zmienić skalę i mamy w , które ma prosty związek z wykładnikami Lapunowa. Widać, że tu wewnątrz badanego modułu w jest blisko 1, a na (egikmo3) poniżej 1, czyli w 'norm' i 'free' zbiór mo jest uporządkowany. Reszta natomiast ma wielki w , ale damage tam się nie dostało i obszar ten pozostał głównie w postaci lodu (ice in loc.cl. res w pionie 2 oraz d4,hn3).

b – analogiczna analiza podobnego przypadku 140 ss (rys.11), ale w zakresie passów 4-11. Widać wiele różnic, głównie rośnie mo/N pokazane na b2, które w przypadku (a) było dość stabilne. Pociąga to za sobą nachylenia na (b1). Podstawowe odstępstwa są jednak zachowane. Wskazuje to potrzebę złożenia takiej analizy z wielu przypadków ('great'), by uwolnić się od takich specyficznych wpływów (cd).



c,d – to podobna analiza, ale wyniki złożone są tu z **wybranych 7** sieci, co tworzy grupę 'great' na rys.10. Wyniki z każdej sieci, niezależnie od wielkości zbioru mo, były sumowane z jednakową wagą, czyli suma podzielona przez ww liczbę sieci. Wybierano tu sieci, które posiadały na krokodylu dobrze oddzielony poziomy pas A1(t), zbliżony w swej postaci do poziomu Derridy, tylko istotnie niżej. Te poziomy rzeczywiście odpowiadają wielkościom klastrow lokalnych ($2 - loc.cl/N$, c4, patrz rys.11) a lód wewnątrz tych klastrow rzeczywiście znikł ($2 - ice in mo$, c4, d4), pozostał jednak w res ($2 - ice in loc.cl.res$, c4, d4). Sugerowało to podobny mechanizm jego powstania, czyli obraz chaosu w podzbiorze zbioru nodów – module, z którego jakoś damage nie wychodzi. Dla każdego passu wyznaczony był zakres tego pasa A1(t). Głównie chodziło o odcięcie procesów z A1(t) bliskim 0, których zwykle jest najwięcej, ale ich na krokodylu nie widać. Okazało się jednak, że takie ograniczenie nie daje wyraznie

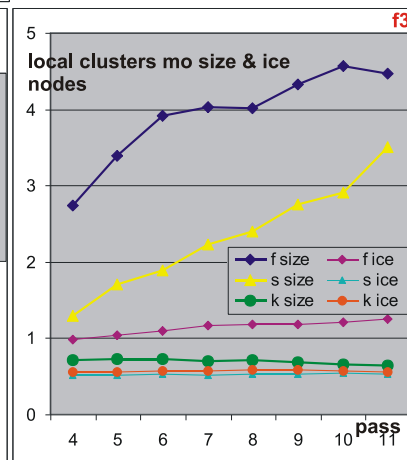
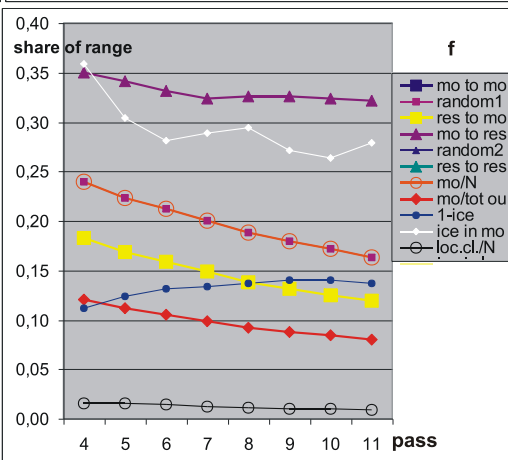
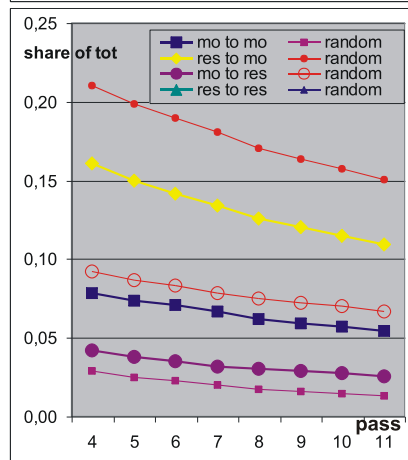
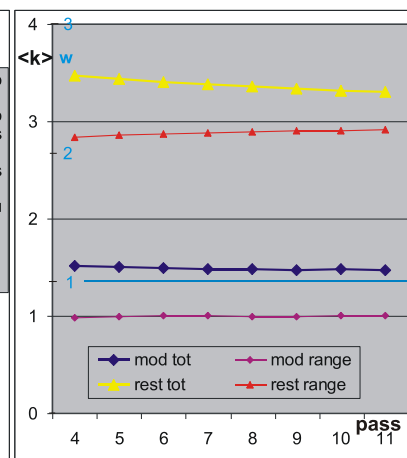
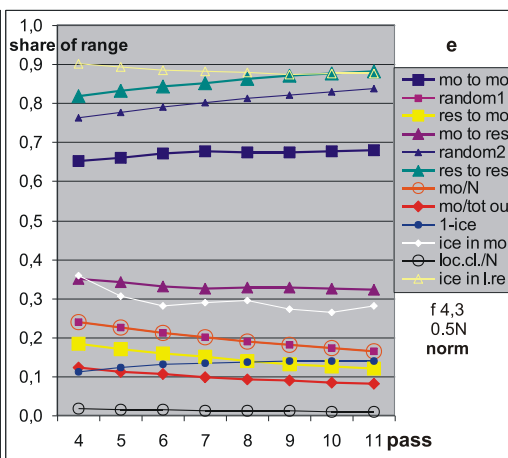
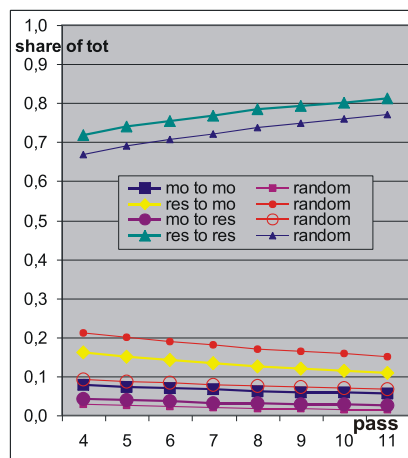
7 sf	1,2x	1y	1z	2y	2z
m>m	1,46	0,67	0,56	0,94	0,80
r>m	0,76	0,99	1,02	0,77	0,80
m>r	0,27	1,39	1,19	1,67	1,45
r>r	1,52	1,46	1,61	1,27	1,45
7 ss	1,2x	1y	1z	2y	2z
m>m	1,59	0,44	0,31	0,86	0,59
r>m	0,67	0,91	0,90	0,60	0,59
m>r	0,27	1,28	0,96	2,74	1,96
r>r	1,56	2,09	2,96	1,36	1,96

innych wyników w najważniejszych aspektach. Ponadto zjawisko to miało być widoczne w kolejnych passach od 4 do końca.

Takich przypadków było mało, często obraz taki pojawia się tylko w dwóch do 4 passów i jest znacznie słabszy (rys.6c,e4,5, rys.11 prawy dół dla sf w innym zobrazowaniu).

Wyniki dla obu typów sieci są zbliżone – wskazane główne odstępstwa utrzymują się, ale też widać różnice związane z typem sieci. Te różnice dało się systematycznie obserwować na wynikach wizualizowanych jak w przypadku b, nie są one wynikiem silnych odstępstw w pojedynczych sieciach.

Do wykresów w pionie 2 dodano '1-ice'. Interpretacja tej wartości jest dokładnie taka, jak na rys.2e <ice>(M) i rys.4c. Miało to wykazywać iż zbiór res składa się z lodu a mo z aktywnych nodów. Jak widać, mo „wchodzi w zakres lodu” co wskazuje na problemy interpretacyjne – zbiór mo nigdy nie działa jako całość, jak wyobrażano sobie na wstępie, w konkretnym procesie jest to klaster lokalny. W wybranych tu przypadkach 'great' ten klaster ma wielkość porównywalną z mo (c4), ale dla 'norm' i 'free' (e-l) to mała część mo (głównie f13), pozostała część='mo'-'loc.cl' bywa lodem w dużym stopniu. Nie można powiedzieć jaka część mo



jest lodem, lód można zbadać jedynie po zakończeniu określonego jednego procesu, a następnie go uśredniać. Zbiór mo ma wskazywać moduł w strukturze sieci i jak widać z wykresów i tabel, wskazuje go.

Tak jak dla pojedynczych sieci na (a,b), gdzie można było obawiać się, że są to fluktuacje, tu mo i res związane są silniej niż pomiędzy sobą, a linki z mo do res są szczególnie rzadsze „by utrudnić wydostanie się damage z mo do res”, co jest zrozumiałym wynikiem selekcji kumulowanych zmian warunkiem małej zmiany stosowanym w tej ewolucji.

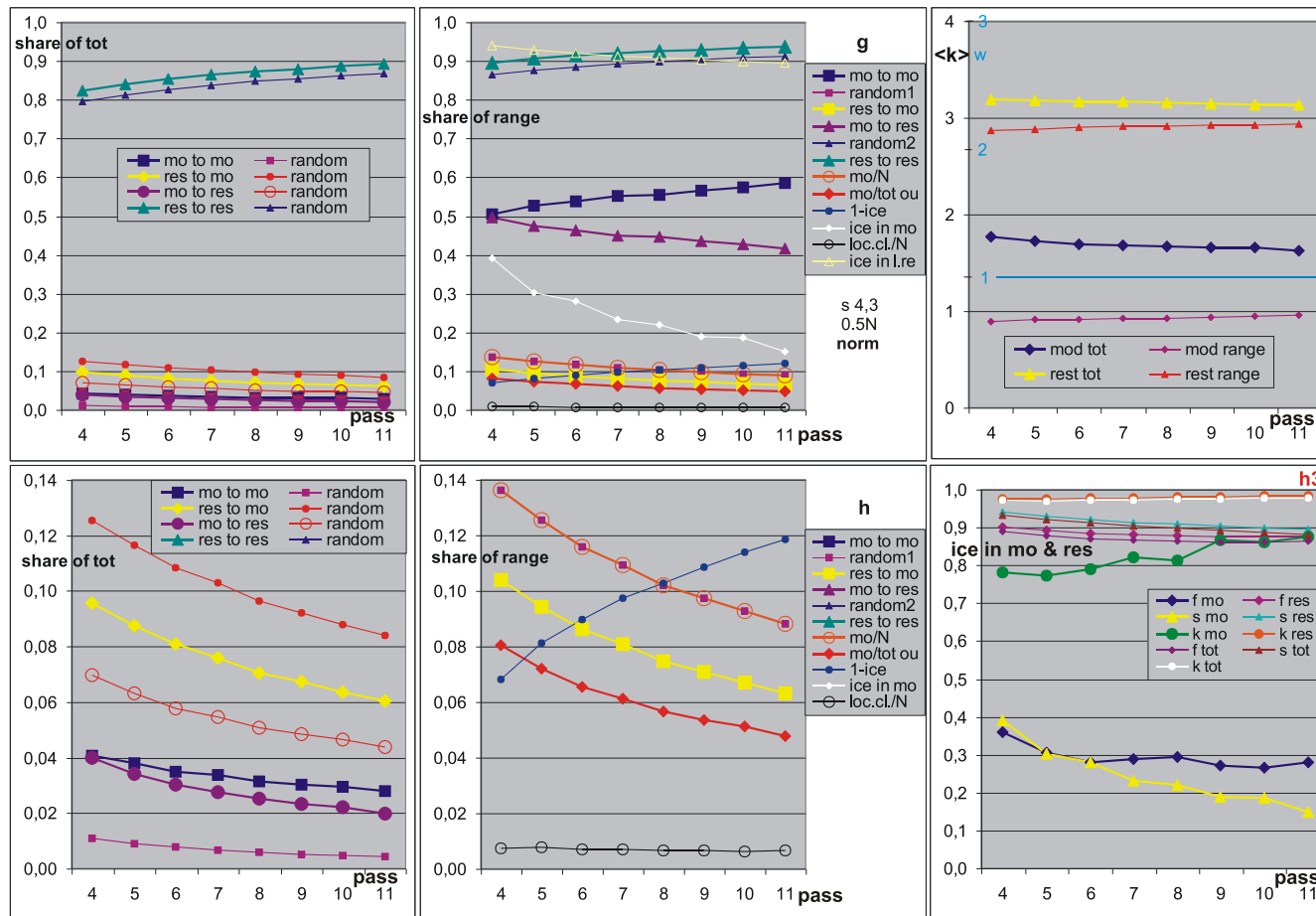
Pozostaje jednak problem, czy jest to modyfikacja struktury, czy jedynie selekcja węzłów w losowej strukturze znajdująca fluktuacje. Na to miały odpowiedzieć eksperyment 'free' i rys.10, ale ta odpowiedź jedynie skomplikowała obraz.

e-j – to wyniki z serii po 400 sieci 'norm': sf (e,f), ss (g,h) oraz ak (i,j; k2, bo s,K=4,2) bez ich selekcji (wybierania szczególnych przypadków, czyli obraz normy).

Tak, jak od początku, za hipotetyczny moduł brano zbiór węzłów, które uległy zmianie stanu względem wzorca na odcinku od t=200 do tmx=900, a dany proces pozwolił na akceptację zmiany (dodania nodu do sieci) która go wywołała.

To jednak **dozwala, by zarówno we wzorcu jak i w badanym procesie dany nod był lodem i miał stały stan, ale inny**. Było już obserwowane w met5 – patrz rozdz. 5.3.2. W odróżnieniu od badań a,b,c,d, nie były wyznaczane indywidualne zakresy $A_1(t)$. Dolny zakres ustalono tu na $A_1(t) > 0$, a górny - na $A_1(t) < 5/8N$. We wstępnych badaniach c,d okazało się bowiem, że włączenie do mo także nodów z procesów o bardzo małym $A_1(t)$ nie zmienia istotnie wyników. Ponieważ tu nie wybierano przypadków sieci, średnia wielkość mo była znacznie mniejsza niż w a-d, co wymagało pokazania dolnych części wykresów 1 i 2 (egi) w powiększeniu (fhj). W odróżnieniu od c,d, każdy proces w danym passie wszystkich badanych sieci (a nie przypadek sieci) ma jednakową wagę, co uznano za bardziej adekwatne.

f3 tak jak **c4**, pokazuje z czego składa się zbiór mo określany po całym passie – są to klastry lokalne pojawiające się w konkretnych procesach po jednej inicjacji, podobne do klastrów ro badanych w met5 i met7, ale definiowane nie jako zbiór nodów o jednakowym okresie stanu, a jako nody tworzące $0 < A_1(t) < 5/8N$. Te nody włączane były do zbioru mo. Jak widać, wielkość takich klastrów lokalnych jest tu bardzo mała w odróżnieniu od ‘great’ - wybranych przypadków w c,d. Tu (‘norm’) średni klasterek lokalny w sieci sf sięga tylko około 4.5, a w ss 3.5. Oczywiście to wartości średnie, gdyż wśród tych 400 sieci były i takie jak na (c,d), których średnia dochodziła do 270 dla N około 530. Zbiór mo jest dla ‘great’ w przypadku sf średnio 3.3 razy większy niż dla ‘norm’, a w ss – 5.4 razy, ale klasterek lokalny odpowiednio 33 i 61 razy.

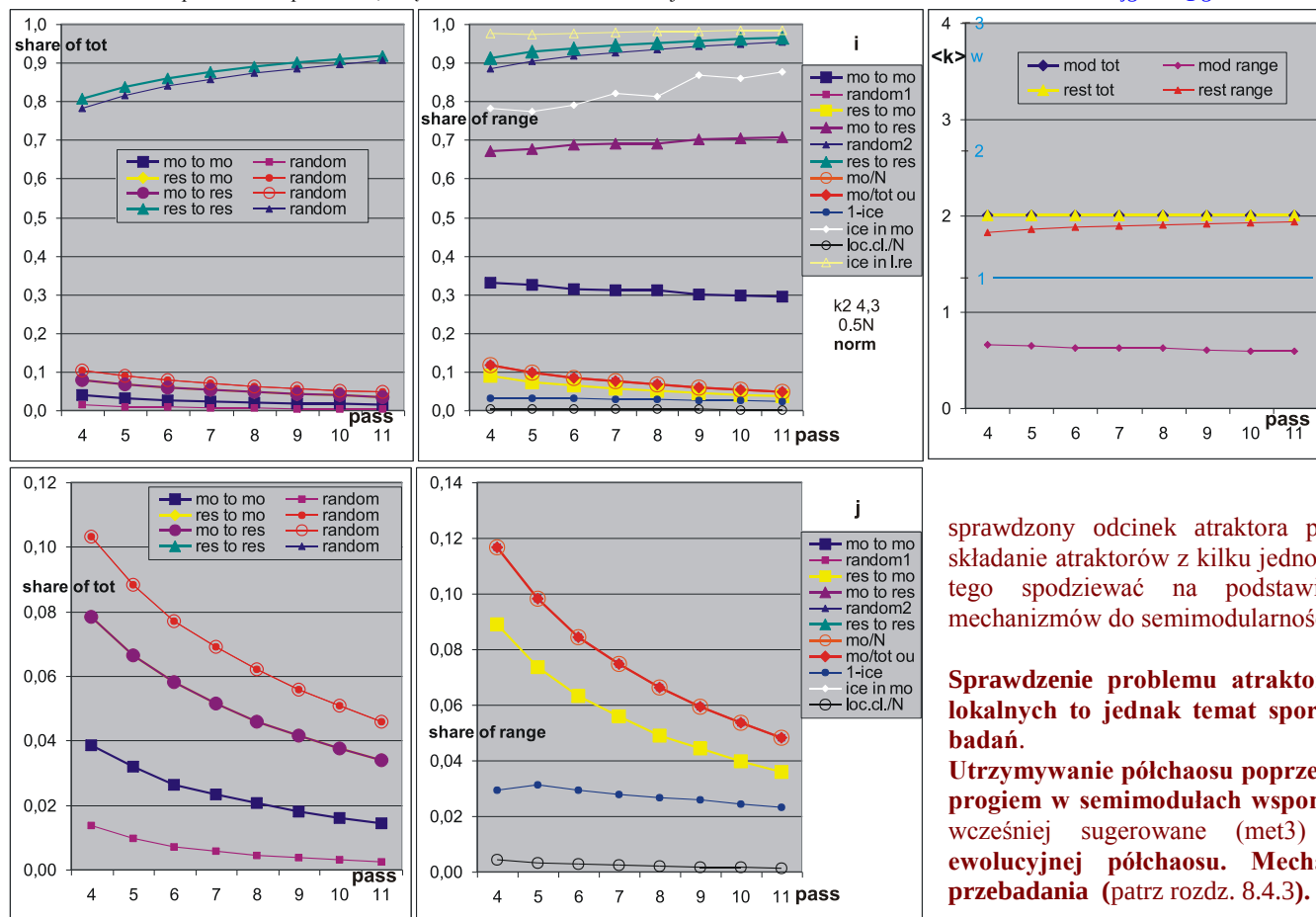


h3 pokazuje udział lodu w **klastrach** lokalnych (to jest też na (f3)) oraz w reszcie sieci po odjęciu takiego klastra. Dla porównania powtórzone pokazany już na rys.2 $\langle k \rangle$ (M) i rys.4c, oraz na e2-h2, średni lód na danym etapie ewolucji (‘ice tot’). W owej reszcie (‘ice in res’) do klastra lokalnego mo lód zajmuje prawie całość, około 0.9 całości, tak jak i w całej sieci, ale w samych klastrach mo (ice in mo) udział lodu jest znacząco mniejszy, jednak stanowi także znaczącą część. To jest dokładne znaczenie dokładnie tej samej wielkości pokazanej na e2-h2 jako ice in mo.

W porównaniu z ‘great’, gdzie lodu w znacznie większych klastrach mo praktycznie nie było, jest to wyraźna jakościowa różnica, świadcząca o różnicy mechanizmów.

Wszystkie trzy sieci dają tu obraz podobny. Głównie spada (w kolejności prezentacji: sf, ss, ak2) udział mo (0,2 0,1 0,07)) oraz mo to mo (0,67 0,55 0,31)) w pionie 2, gdzie także rośnie udział mo to res (0,33 0,45 0,69; patrz też rys.10).

Obraz jest jednak wyraźnie odmienny od ‘great’. Wynika on głównie ze znacznie mniejszego i już nie rosnącego z czasem ewolucji, a nawet malejącego mo/N, choć tu także klastry mo rosną bezwzględnie, to



jednak wolniej niż N. W 'great' rosną szybciej z powodu dodatniego sprzężenia zwrotnego pojawiającego się dopiero dla większych klastrow (patrz rys.11), co wydaje się podstawową różnicą w ich mechanizmie. Ten szybki wzrost w 'great' wynika z dozwoleń zachowania chaotycznego w ramach mo mieszczącego się pod progiem małej zmiany, co powoduje, że zaburzenia wewnątrz są niemal niewidoczne, a to ułatwia dołączanie nodów wewnątrz. Niewątpliwie, musi tam pozostać warunek małego atraktora, ale atraktor zwykle wyraźnie rośnie, aż przestaje być znajdowany w ramach tmx. To dalej doprowadza do częstych zapaści chaotycznych, gdyż nowy wzorzec ma nie

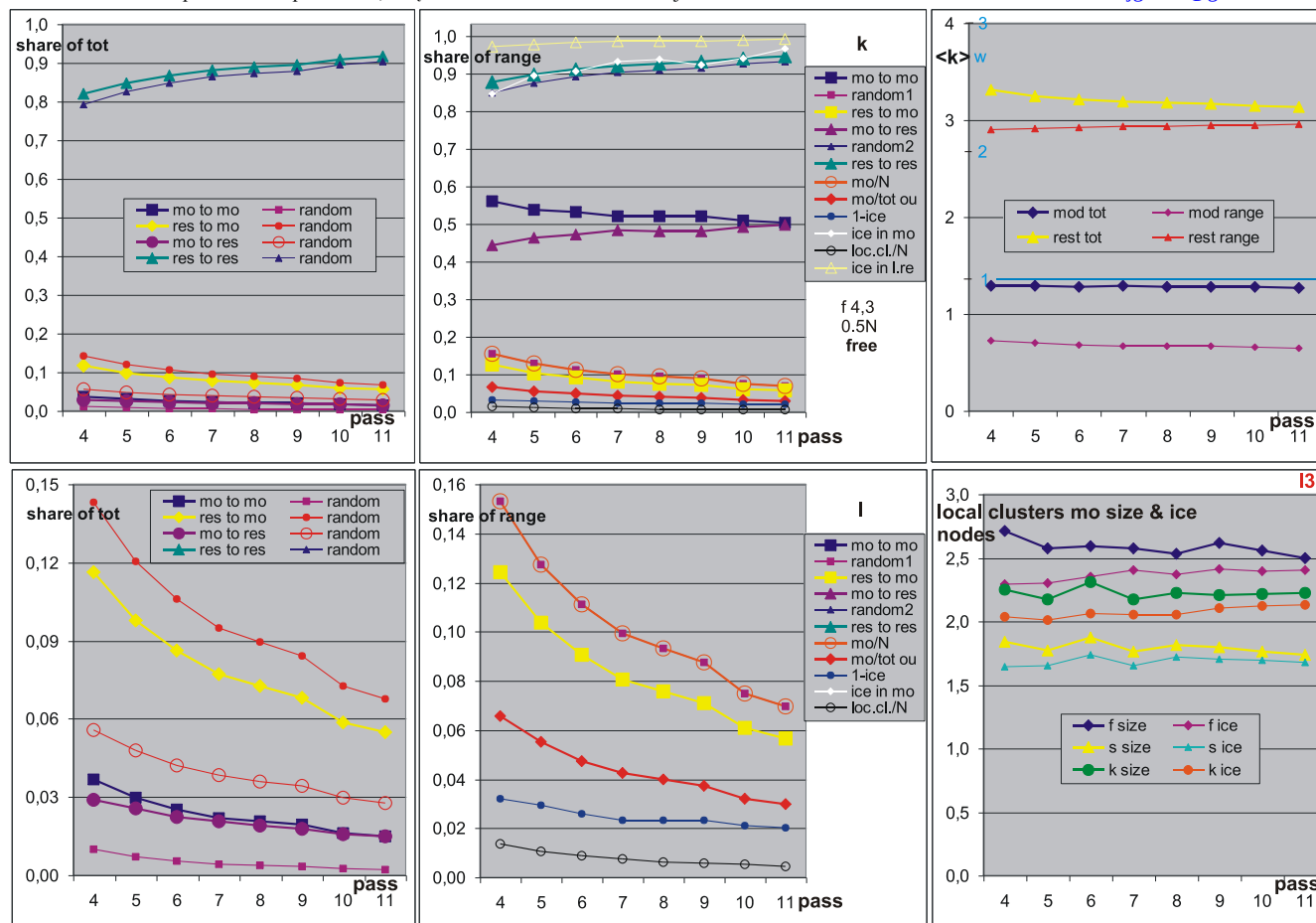
sprawdzonego odcinek atraktora ponad tmx. Nie ma danych, by stwierdzić składanie atraktorów z kilku jednocześnie obecnych modułów, można się jednak tego spodziewać na podstawie ogólnego podobieństwa badanych tu mechanizmów do semimodularności rozpoznanej wcześniej.

Sprawdzenie problemu atraktora i rozdzielnosci jednoczesnych klastrow lokalnych to jednak temat spory, nie podjęty w ramach przedstawianych badań.

Utrzymywanie półchaosu poprzez dozwalanie zachowania chaotycznego pod progiem w semimodulach wspomaganych modularnością, to istotne, ale już wcześniej sugerowane (met3) rozszerzenie mechanizmów stabilności ewolucyjnej półchaosu. Mechanizm ten wymaga znacznie szerszego przebadania (patrz rozdz. 8.4.3).

Porównując pion 1 zauważamy, że linki res to res stanowią w 'norm' prawie całość i ich udział rośnie, a małał w 'great', natomiast pozostałe udziały są małe i nadal maleją. To prosto jest tłumaczone przez spadek mo/N. Także to tłumaczy spadek udziału mo to mo w pionie 2.

Na obrazie <k> (egj3) istotną zmianą jest schowanie się współczynnika rozmnażania zmiany wewnątrz mo pod jedynkę, co stanowi podstawę utrzymywania się mo w zakresie porządku. Nie widać tu jednak nachylenia, co sugeruje, że jest to jedynie wynik wyboru nodów a nie ewolucji struktury lub korelacji funkcji i stanów. Mogło by to być także wynikiem ewolucji w początkowych passach nie objętych badaniem, ale to wykaze badanie 'free'.



'free' już w passie 4 jest duży (w pobliżu 0.9) i jeszcze rośnie, co lepiej widać na (n3), którego skala rozpoczyna się od 0.8.

$\langle k \rangle$ wygląda także podobnie, choć we 'free' także 'mod tot', czyli współczynnik rozmnażania zmiany dla wszelkich linków wyjściowych nodów z mo nawet dla sieci ss jest już praktycznie niewiekszy od jedności. Tu wyłamuje się sieć ak2 (o3), gdyż z uwagi na jej regułę – $k=K=2$ $\langle k \rangle$ musi być =2.

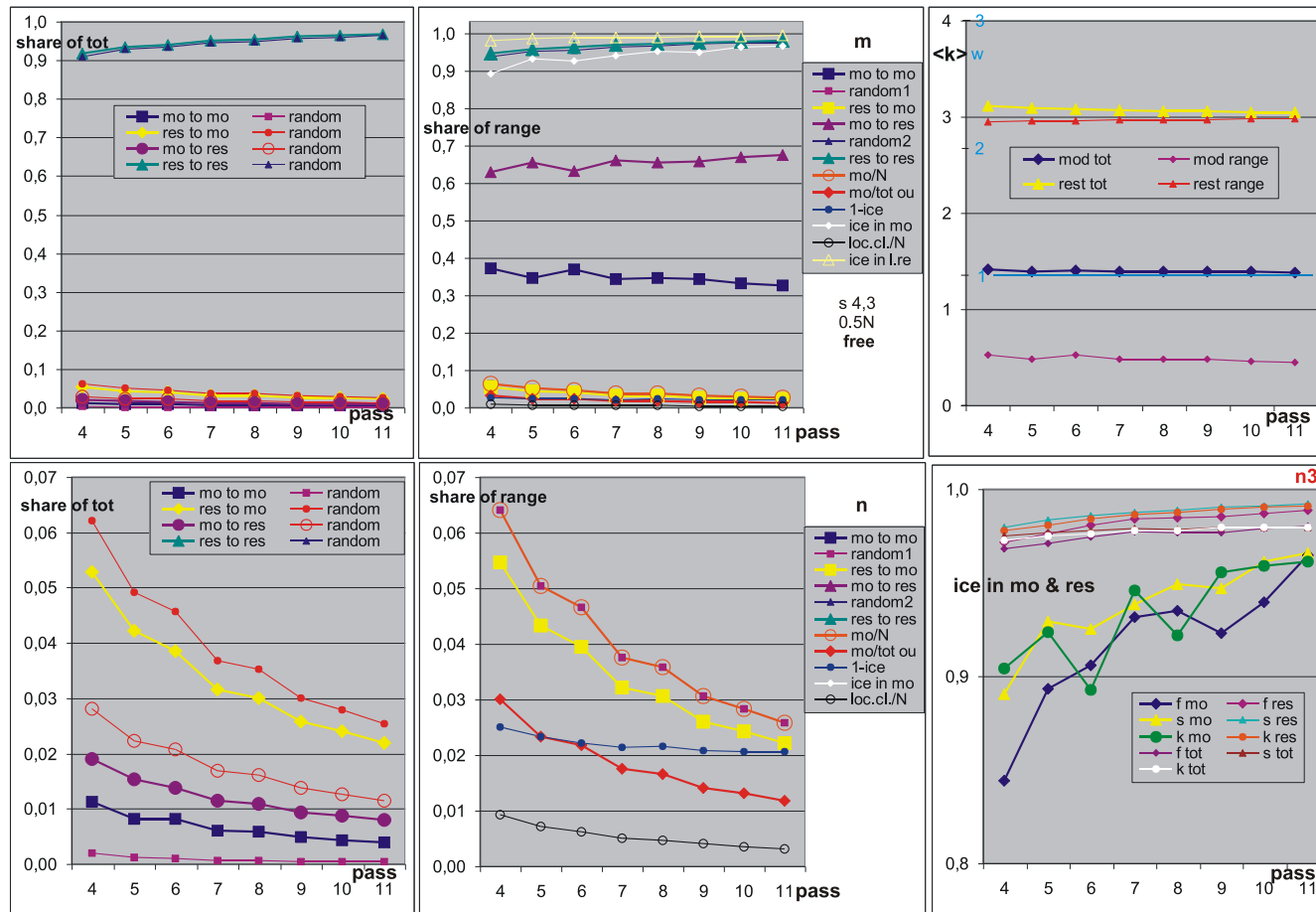
To podobieństwo 'free' i 'norm' jest zaskakujące. Widać to szczególnie na rys.10, gdzie porównano odstępstwo od losowości obliczane jak podano w opisie (a) i rys.10. Całkiem losowa sieć okazała się „najmniej losowa”. Ten paradoksalny wniosek wynika ze sposobu wskazywania kandydata na moduł – mniejsze podzbiory mają większe szanse na fluktuacje statystyczne. Niestety, nie widać tego na rys.9 tak wyraźnie, jak na rys.10 i 12.

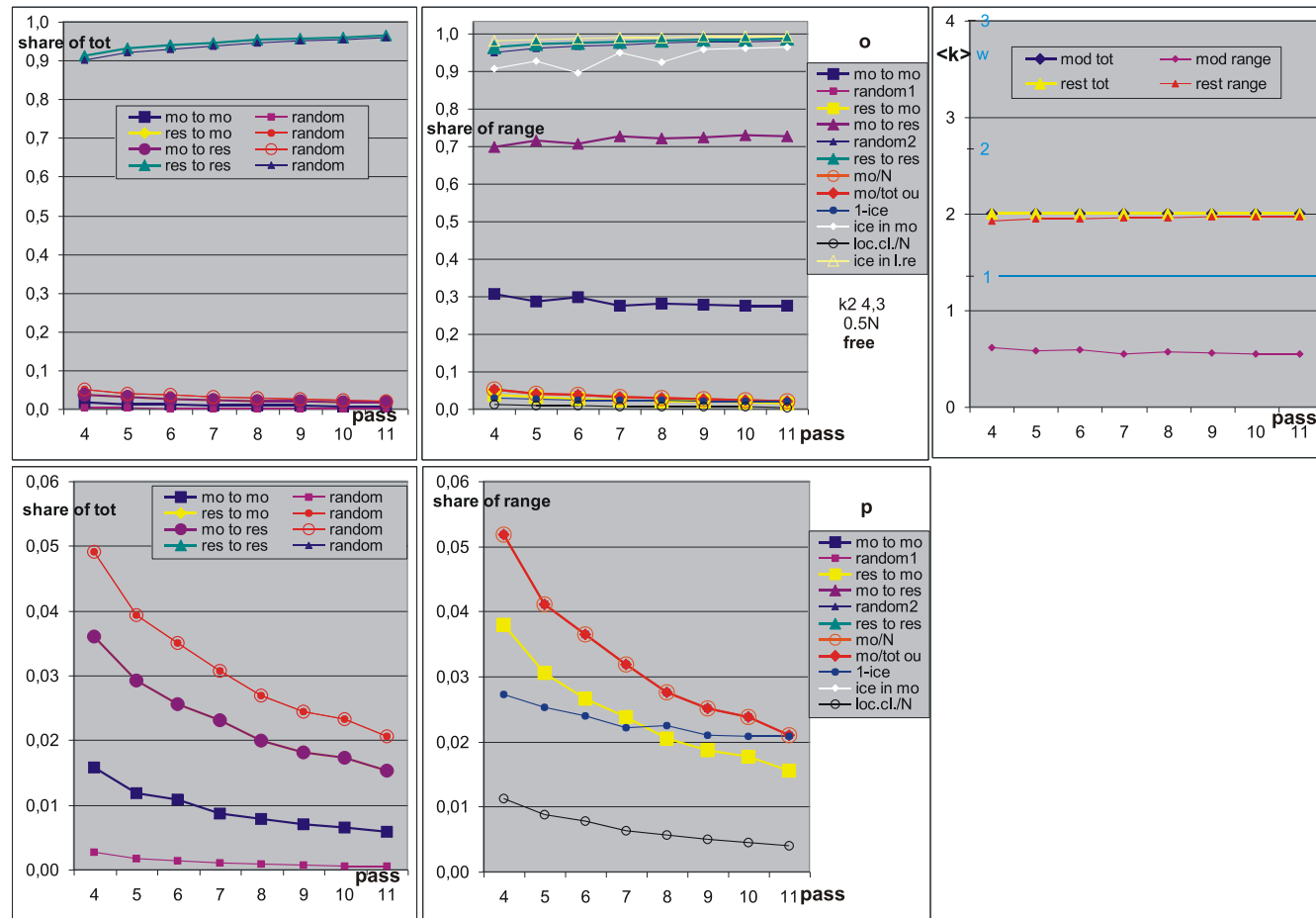
k-p – to wyniki eksperymentu 'free'. Sieci bez ewolucji, konstruowane losowo jako PAS, niezależnie i w odpowiednim rozmiarze dla każdego passu, nie rosnące podczas tego passu (tj. bez kumulacji), ale 'odsunięte od PAS'. To 'odsunięcie od PAS' polegało na znalezieniu i skumulowaniu punktowej zmiany funkcji, bez zmiany struktury, jak w met1-7, z warunkiem małej zmiany, po której wzorzec nie był już PAS.

Wcześniej wykonano podobne doświadczenie bez tego odsuwania od PAS i dało ono niemal identyczne wyniki, choć na krokodylach górował wtedy PAS jako typowa zmiana akceptowana, a po odsunięciu już nie.

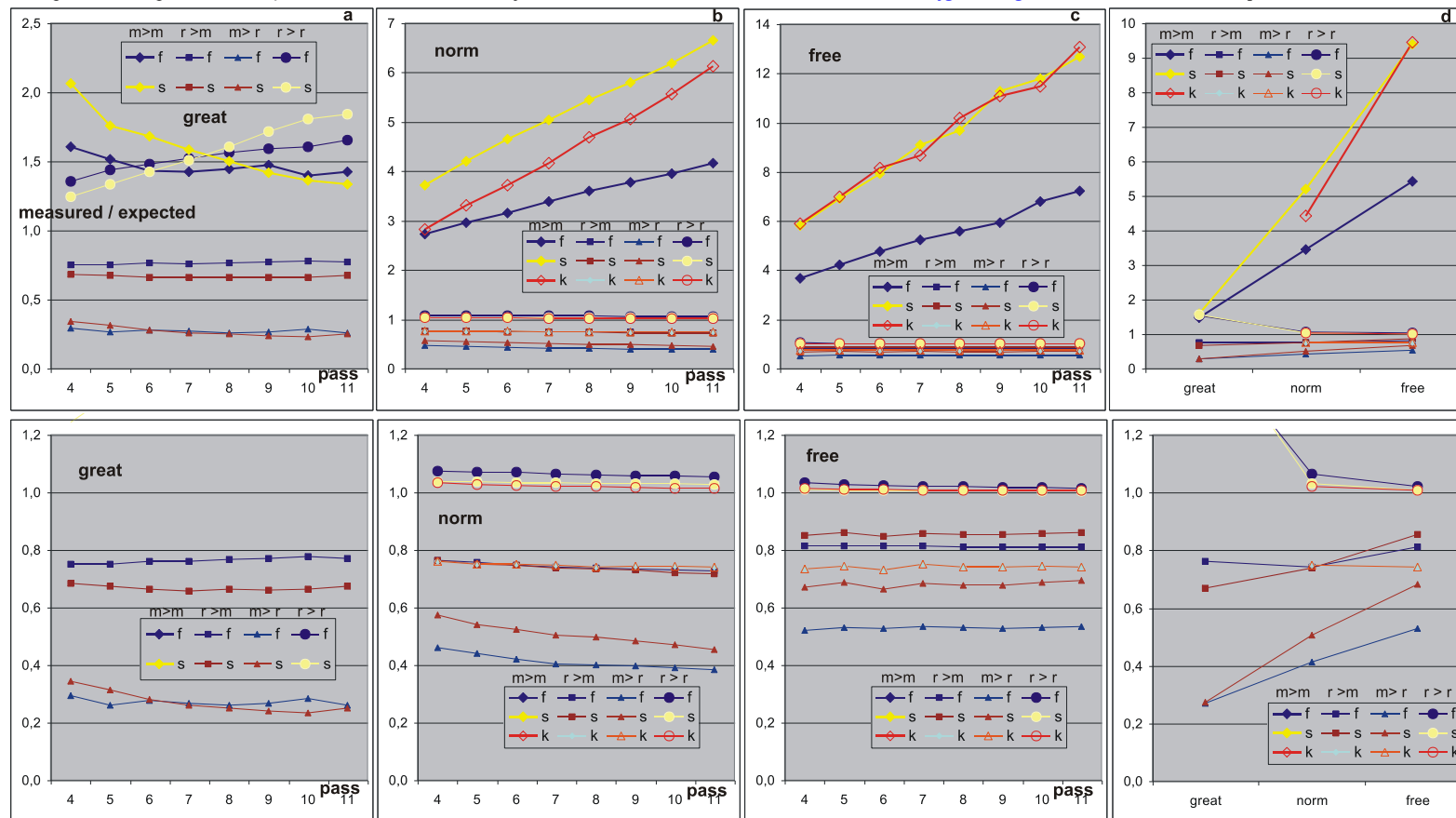
Eksperyment free zawierał 300 kompletów passów 4-11 sieci sf, ss i ak2. Ponieważ tu sieć nie rośnie, kryterium zakończenia passu było 100 prób dołączenia nodu.

Obraz w pionach 1 i 2 jest zbliżony do 'norm', szczególnie podobny jest dla sieci sf 'free' i sieci ss 'norm'. Podobieństwo to wynika z niemal identycznego mo/N. Wyraźnie inaczej jednak zachowuje się lód 'ice in mo', który dla 'norm' jest względnie mały i maleje a dla

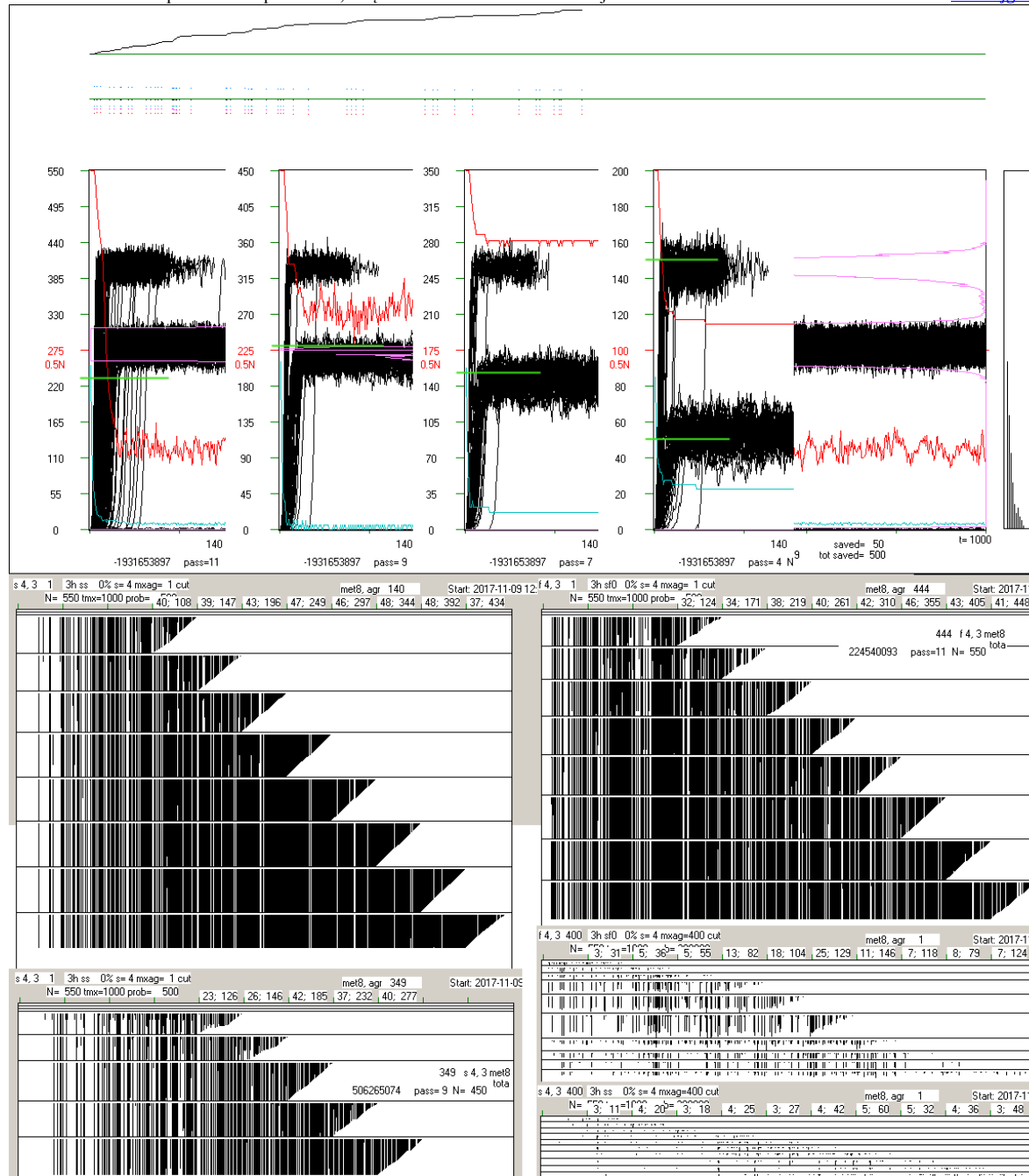




Tu kończy się rys.9.



Rys.10. Udziały linków wewnątrz i pomiędzy zbiorami mo i res w porównaniu do oczekiwań, gdyby nie było zjawisk modularności, czyli gdyby linki rozłożone były równomiernie w postaci proporcji zmierzonych udziałów do oczekiwanych. **‘great’** - wybrane przypadki na podstawie krokodyli podejrzane o wielkie moduły, przedstawione wcześniej na rys.9cd; nie wliczono tu przypadków 349ss i 140ss analizowanych osobno na rys.9ab, choć logicznie do niej należą. **‘norm’** - uśrednione wyniki z 400 sieci sf i ss sieci konstruowanych losowo w passie 1, ale z ewolucją od passu 2 pod kontrolą warunku małej zmiany ($<0.5N$) – rys.9.e-h; **‘free’** - rys.9.i-l, sieci bez ewolucji, konstruowane w odpowiednim rozmiarze losowo jako PAS niezależnie dla każdego passu i nie rosnące podczas tego passu (tj. bez kumulacji), ale **‘odsunięte od PAS’**. To ‘odsunięcie od PAS’ polegało na znalezieniu i skumulowaniu punktowej zmiany funkcji, bez zmiany struktury, jak w met1-7, z warunkiem małej zmiany. Eksperyment free zawierał 300 kompletów passów 4-11 sieci sf i ss. (a-c) przedstawiają ewolucję tych odchyleń w passach 4-11, a (d) porównuje średnie z tej ewolucji dla grup ‘great’, ‘norm’ i ‘free’. Każdy z rys.a-d ma pod spodem pokazany w powiększeniu zakres 0-1.2. Wyniki tego zestawienia są nieoczekiwane – największe odchylenie od losowości wykazuje sieć losowa! Zbiór mo jest tam istotnie (ponad 5 dla sf i 9 dla ss razy) silniej związany niż średnia. Jest to wynik selekcji wybierającej zbiór mo na podstawie uczestnictwa ze zmianą stanu względem wzorca w procesach akceptowalnych. Wykazuje to możliwość znalezienia tak silnie związanych modułów w losowych sieciach typu sf i ss. Jest to prawie dwukrotnie silniejsze związanie niż w dla ‘norm’, gdzie kumulowane były tak wybrane zmiany, nieporównywalnie silniejsze, niż w przypadkach ‘great’, które sugerowały i wykazały rzeczywistą obecność modułów. Wyjaśnienia tego zdumiewającego wyniku należy szukać w różnicy roli klastrow lokalnych, które mają odwrotną zależność (rys.9c4,f3,j3) **ale nie podjęto dalszych badań wyjaśniających**. Podobny eksperyment ‘free’ ale bez odsuwania od PAS dał praktycznie identyczne wyniki. Brak tego wyjaśnienia nie pozwala rozstrzygnąć kwestii istnienia tendencji tworzącej moduły, mimo wykazania ich obecności i wzrostu w grupie ‘great’, a nawet obecne wyniki sugerują tendencję przeciwną – likwidacji losowo zaistniałych modułów (choć trudno uwierzyć w taką tendencję). Problem okazał się znacznie bardziej złożony.



Rys.11. Krokodyl dla ss140 jako przykładowy dla zbioru ‘great’, gdyż s349 pokazany na rys.6f1-4 i badany jako pierwszy w aspekcie modułów (rys.9a) miał mniejszy zakres badanych passów. Do przypadków zaliczonych do ‘great’ na rys.9 i 10. nie wliczono ss349 i ss140. Tu w dość jednolity odcinek A1(t) krokodyla dla passu 11 (ostatniego) wklejono początkowe odcinki dla passów 9,7 i 4, koniec znów należy do passu 11.

Na tych krokodylach zaznaczono przewidywany poziom równowagi Derridy dla klastrow lokalnych wyznaczonych w danym passie. Poniższa tabelka wskazuje średnie wielkości tych klastrow. Przyjmując, że poziom równowagi chaotycznej Derridy jest tu około $\frac{3}{4}$ wielkości klastra wyznaczono oczekiwane poziomy dla passów, które zaznaczono na zielono w pokazanych wycinkach krokodyli.

s140 \ pass	4	5	6	7	8	9	10	11
loc.cl.size	68	95	143	210	251	309	353	306
3/4 loc.cl	51	71	108	158	188	231	265	229

Trzeba pamiętać, że loc.cl. wyznaczany jest jedynie dla kumulowanych, a w passie 11 duża część została odrzucona z powodu A3>progu, na co wskazuje niski poziom q(t) (czerwona linia). To częściowo tłumaczy niecelność przewidywania dla passu 11, gdyż zwykle wielkość klastra rośnie, a już w poprzednim passie oczekiwano poziomu 265. W dolnej części pokazano zobrazowanie przynależności do zbioru mo dla nodów obecnych w sieci. Wyrażna ciągłość w dół prążków **wskazuje na stabilność zbioru mo** w toku ewolucji głównie dla przypadków z grupy ‘great’. Typowy wzrost gęstości prążków w prawo **świadczy o dodatnim sprężeniu zwrotnym tworzącym ten moduł** i jego wzrost. Poziome linie oddzielają kolejne passy, a na górze wskazane są 2 liczby: nodów w klastrze lokalnym (punkty czarne w poziomie) i procesów w ramach passu zawierających A1(t) w zadanym przedziale i kończących się kumulacją (wysokość w pionie). To zobrazowanie dla s140 znajduje się z lewej pod krokodylem, pozostałe zostały przeklejone. Z grupy ‘great’ jest tu ss349 (poniżej ss140, patrz rys.9a i 6f1-4 choć na rys.10 i 9d nie został włączony) i sf444 (z prawej). Poniżej 2 przykłady (sf i ss) z ‘norm’, tu bardziej typowy jest ostatni – ss. Specyfika ‘free’, w którym każdy kolejny pass miał nienależnie generowaną sieć, nie pozwalała na takie przedstawienie – tamte passy dawały obraz zbliżony do tego ostatniego, ale z założenia były niezależne.

Dozwoleń zachowania chaotycznego w ramach m_0 mieszczącego się pod progiem małej zmiany, powoduje, że zaburzenia wewnątrz m_0 są niemal nieistotne, co ułatwia dołączanie nodów wewnątrz. Jest to przyczyną obserwowanego (**rys.11**) dodatkiego sprzężenia zwrotnego, gdzie obecność sporego modułu wpływa na jego wzrost. Prawdopodobnie pozostaje warunek małego atraktora, tego jednak nie stwierdzono. Atraktor zwykle wyraźnie rośnie, aż przestaje być znajdowany w ramach tmx . To dalej doprowadza do częstych zapaści chaotycznych, gdyż nowy wzorec ma niesprawdzony odcinek atraktora ponad tmx . Nie ma danych, by stwierdzić składanie atraktorów z kilku jednocześnie obecnych **semimodułów**/modułów, można się jednak tego spodziewać na podstawie ogólnego podobieństwa badanych tu mechanizmów do ro-modularności rozpoznanej wcześniej.

Sprawdzenie problemu atraktora i rozdzielenia jednoczesnych klastrów lokalnych to spory temat, nie podjęty w ramach przedstawianych badań.

Utrzymywanie półchaosu poprzez dozwolenie zachowania chaotycznego pod progiem w ro-modułach wspomaganych modularnością, to istotne, ale już sugerowane wcześniej (met3) rozszerzenie mechanizmów stabilności ewolucyjnej półchaosu. Mechanizm ten wymaga znacznie szerszego przebadania.

Zbiór m_0 dla **'norm'**, to często zachodzące na siebie klastry lokalne, których średni rozmiar jest znacznie mniejszy od m_0 , inaczej - to zbiór nodów, które dają zwiększenie $A1$ w procesach akceptowanych ($A3$ pod progiem $0.5N$). Także w takim **zbiórze m_0 średnie k jest istotnie mniejsze, a linki m_0 do res są szczególnie rzadsze** niż szacowane jako losowe, natomiast linki m_0 do m_0 istotnie częstsze, choć dla **'great'** zbliżone do res do res (**rys.10**).

Obraz taki łatwo zrozumieć jako wynik presji selekcyjnej wynikającej z warunku małej zmiany. Zbiór res jest nieaktywny (tj, nie jest ogarnięty lawiną damage), a ponadto jest on w większości lodem, częstości jego linków są bliskie (szczególnie w **'morm'** i **'free'**) przewidywaniom opartym na losowości. Aby lawina była mała, zbiór m_0 **'usiłuje'** nie wypuścić damage z siebie do reszty, a minimalizując damage, ma mniejszy średni stopień wierzchołka k , co daje zmniejszenie współczynnika rozmnażania zmiany w **[dgec,it]** (**rys.9a3-g3 oprócz f3**) związanego z wykładnikiem Lapunowa. **To jednak nie musi wynikać z presji ewolucyjnej na strukturę, a może być wynikiem jedynie selekcji podczas wybierania nodów do zbioru m_0 .**

Policzono więc po 300 sieci sf i ss **'free'** – bez ewolucji i zmiany struktury (**rys.9k-p, 10**). Wyniki są nieoczekiwane – „**największe odchylenie od 'losowości' wykazuje sieć losowa!**” Zbiór m_0 jest tam istotnie (ponad 5 dla sf i 9 dla ss razy) silniej związany niż średnia. **Jest to wynik selekcji wybierającej zbiór m_0 na podstawie uczestnictwa (ze zmianą stanu względem wzorca) w procesach akceptowalnych. Wykazuje to możliwość znalezienia tak silnie związanych modułów w losowych sieciach typu sf i ss a nawet ak2.** Jest to prawie dwukrotnie silniejsze związanie niż w dla **'norm'**, gdzie zmiany tak wyselekcjonowane były kumulowne (co powinno zwiększać efekt). Jest też nieporównywalnie silniejsze, niż w przypadkach **'great'**, które sugerowały i wykazały rzeczywistą obecność modułów. Wyjaśnienia tego zdumiewającego wyniku należy szukać w różnicy roli klastrów lokalnych, które mają odwrotną zależność (**rys.9c4,f3,j3**) **ale nie podjęto dalszych badań wyjaśniających.**

Brak tego wyjaśnienia nie pozwala rozstrzygnąć kwestii istnienia tendencji tworzącej moduły, mimo wykazania ich obecności i wzrostu w grupie **'great'. Wyniki te sugerują nawet tendencję przeciwną – likwidacji losowo zaistniałych modułów (choć trudno uwierzyć w taką tendencję). Problem okazał się znacznie bardziej złożony, prawdopodobnie na obserwowany efekt składa się kilka różnych mechanizmów czekających na rozpoznanie oraz korelacja z wielkością klastrów lokalnych.**

Podsumowując: Wykazano obecność klasycznych modułów zarówno w sieciach sf, ss i ak2 po ewolucji utrzymującej półchaos, jak i w sieciach losowych, czyli obecność modularności. **Tego nie sprawdzono w met1-7, tam też musiała występować, ale raczej nie wpływała znacząco na wyniki. To uzupełnia następny rozdz. 8.5.** W przypadku met8, gdzie struktura jest zmienna, większe moduły rosną z dodatnim sprzężeniem zwrotnym podczas ewolucji. Ocenia się, że ta modularność wspomaga ro-modularność. Nie udało się stwierdzić tendencji tworzącej modularność sieci w wyniku selekcji małą zmianą utrzymującą półchaos, a nawet otrzymane wyniki sugerują tendencję przeciwną – zacierania odrębności modułów w wyniku takiej ewolucji. Ta sugestia jest jednak na zbyt słabych podstawach i problem, który wyraźnie jest złożony, wymaga dalszych, znacznie szerszych badań, można spodziewać się kilku niezależnych mechanizmów.

Jak widać, przygotowana podstawa naszych pojęć jest mało adekwatna do poruszania się w zjawiskach obserwowanych w ewolucji sieci złożonych, do dalszej ich penetracji wymaga więc przebudowy opartej właśnie na wynikach takich badań.

8.5 Badania met58ro modularności dla modeli c oraz b

Niniejszy rozdział pokazuje podstawy korekty – zmiany **pierwotnie użytej nazwy ‘semimodularność’** na bardziej adekwatną ‘ro-modularność’. W następnych pracach układ wnioskowania będzie dopasowany już do tych podstaw, jednak w niniejszym raporcie pominięcie błędnego przeświadczenia, które leżało u podstaw wyboru drogi eksperymentalnej prowadziłoby do trudności w uzasadnieniu opisywanych badań. Nowa terminologia zastąpiła już starą od początku tego tekstu, także w tekstach na viXra.

Badania modularności związanej z możliwością akceptacji zmiany inicjującej damage w sieciach także losowych opisane w powyższym rozdz.8.4.2 wykazały obecność modułów w sieciach losowych, uważałem, że w ramach ich fluktuacji statystycznych. W badaniach met1-7 opisanych w pierwszej części tego raportu [rep] nie brałem takiej możliwości pod uwagę, gdyż po prostu nie spodziewałem się tego. W wyniku pierwotnie użyłem nazwy ‘semimoduł’: w streszczeniu rep pisałem: **‘Szczególnie interesująca jest wersja półchaosu nazwana semimodem (w wersji angielskiej zrezygnowałem z tego terminu) tworzona przez mechanizm semimodularności. Oba te pojęcia są wprowadzone w tej pracy. Semimodularność jest zbliżona do modularności, ale nie polega na nierównomierności połączeń, a na specyficznym złożeniu stanów i funkcji węzłów sieci.’** Dalej, w rozdz.5.1.1 wskazywałem podstawę tej wizji: **‘W badanych modelach zmienność nie narusza połączeń sieci - jest to świadome ograniczenie, nie może więc prowadzić do klasycznej modularności,...’**, a w podsumowaniu met5 : **‘Te doświadczalnie obserwowane klastry (rys.15-19) odpowiadają hipotetycznym semimodułom. Semimodularność różni się od modularności zasadniczo – tu struktura połączeń jest równomierna, a klasyczna modularność opiera się na różnej gęstości połączeń.’** To głębokie przeświadczenie, że losowa sieć ma równomierne połączenia uniemożliwiające powstanie modułów jest oczywiście błędem, ale udało się mi ten błąd samodzielnie znaleźć. Mimo bowiem intensywnych prób poddania moich prac, ich wyników i interpretacji pod dyskusję, bezpośrednich próśb skierowanych do badaczy zajmujących się tą tematyką, nikt nie podjął dyskusji, nikt uważnie nie przeczytał wstępnych wersji artykułów. Dopiero wyniki w met8 z serii ‘free’, które dały obraz niezgodny z tym przeświadczeniem, spowodowały jego podważenie, ale i ono przyszło nie od razu.

Teraz już wiem, że **‘zawsze można wskazać kilka połączonych nodów i taki zbiór będzie silniej związany, niż przeciętny’**. Efekty modularności są więc zawsze, nie da się zrobić sieci tak równomiernej, by ich nie było. Ten trywialny wniosek, który powinien pojawić się na samym początku, został zauważony dopiero po analizie efektów w sieci lv – skonstruowanej tak, by żaden node nie był wyróżniony w strukturze sieci. Przed tym jednak **badania powróciły do met5** by sprawdzić obecność i korelowanie modularności z badanymi tam w stałych sieciach losowych klastrami ro i A4. Te badania są podstawą reinterpretacji wyników met5, a ponieważ rep jest już w archiwum viXra i może jedynie otrzymać erratę, badania te pozostają częścią met8 i otrzymały kompromisową nazwę **met58ro**.

8.5.1 Źródła obecności modułów w sieciach losowych i ich związek z ‘ro-modułami’

Wprowadzenie **‘semimodułów’** i opartej na tym **‘semimodularności’** było podstawne, ale konieczne należało sprawdzić, na ile modularność wspomagała **semimodularność**. W przypadku silnego związku celność użytej nazwy okazałaby się zbyt mała, natomiast przy słabym związku – zauważalnym występowaniu **semimodułów** bez korelacji z modułami, nazwa taka byłaby zasadna i wskazywała na osobny byt takich tworców. Podjęto więc takie badanie **na bazie programu do symulacji met5 ro 44 ‘4+7’ opisanej w rozdz.5.7.3**, jako serie **met58ro modeli c oraz b dla sieci sf, er jak w met5 oraz dodatkowo sieci ss**. Badano w nich po 40 sieci, które doszły do M20, traktując początkowo to jako rozpoznanie, ale okazało się to wystarczające. (Zwiększenie liczby przypadków wymagałoby znacznych przeróbek programu.) Ponieważ w M20 atraktor nie może maleć, co powoduje zwiększenie liczby występujących w nim klastrow lokalnych ro bez zwiększenia liczby klastrow globalnych (**m5.rys.19b**), badano stan po M19 – prostszym w tym względzie i najbardziej ustabilizowanym.

Badano 4 różne sposoby wytypowania zbioru ‘mo’ – kandydata na modul. Przede wszystkim zastosowano tą samą regułę, która w met8 dała tak zaskakujące wyniki i zmusiła do powrotu do met5. Niestety, dała ona zbiór mo zawierający prawie całą sieć, która w met5 ma N=400. Pozostawało w sieci cf (model c sieć sf) średnio 6.5 nodów poza zbiorem mo, a w pozostałych 5 przypadkach przynajmniej o rząd mniej, co całkowicie pozbawiało sensu dalszą analizę.

Drugim, najważniejszym kandydatem były globalne klastry ro. Jak widać z **m5.rys.19b** jest ich średnio nieco ponad 2, więc badano 2 – ro1 i ro2 na **rys.12**. Względnie częsty brak ro2 (około 12 na 40) niewiele zmieniał w dokładności. Średni udział w sieci tak wyznaczonego mo przedstawia **rys.12ad oraz tabela w ramach tego rys.** Są to małe zbiory, więc fluktuacje statystyczne sieci losowej mogą tu dawać większe odstępstwa. Jak widać z **rys.12be**, odstępstwo od przewidywań dla linków ‘mo do mo’ w modelu c dochodzi do 102 razy (ro2 cr), najmniej 20 razy (ro1 cf), a w modelu b ten przedział to 11 (ro1 bs) do prawie 29 (ro2 br), patrz tabela w opisie **rys.12**. Wynika z tego, że klastry ro jako **semimoduły także zwykle są modułami, mimo sieci losowej**. Metoda wskazywania mo w met8 dla sieci losowej dawała to odstępstwo tylko około 9.5 raza dla ss i ak2, a dla sf około 5.5 (**rys.12d**). **Semimoduły** w postaci globalnych klastrow ro w badaniach met5 wskazują moduły w sieci losowej znacznie skuteczniej, jednak ich rozmiar jest zwykle znacznie mniejszy od zbiorów mo w met8.

Trzecim kandydatem są klastry A4 (rozdz.5.6.3 i 5.6.4, a także 6.4.2, 7.4.6, 7.5.6). Tu badano także 2 klastry A41 i A42, ale wybrano największe. Okazało się, że podobnie do mo z metody stosowanej w met8, A41 był zwykle zbyt wielki (rys.12ad) i dawał zbyt specyficzny obraz na rys.12bcef, by był on miarodajny dla klastrów A4. Natomiast A42 dawał obraz zbliżony do ro1 i ro2, choć wyraźnie bardziej radykalny (patrz tabela).

Ostatnim kandydatem była suma wszystkich klastrów A4, która bardzo niewiele różniła się od mo z metody stosowanej w met8.

Powstało więc pytanie: **czy modularność zastępuje semimodularność w badaniach met5 i met7?** A dalej: **Czy można zbudować sieć dostatecznie losową, by otrzymać półchaos, wychodząc z PAS, ale bez modularności?** Taka sieć pozwoliłaby utrzymać zagrożone ‘semimoduły’. Podjęto więc próbę jej skonstruowania wychodząc z założenia, że każdy nod w strukturze tej sieci powinien mieć jednakowe własności. Używałem już sieci skrajnie proste w [it] do wyjaśniania, były to sieci oparte na ‘agregacji automatów’ ($K=k$), do nich należy stosowana w met8 sieć ak z $K=k=2$. Jej szczególnym przypadkiem jest sieć lv: pierwszy jej link wejściowy pobiera sygnał z nodu o numerze o 20 większym ($d=a+20$), a drugi z nodu o numerze $d=a+19*(a \bmod 19+1)$, gdzie zawsze ostateczne $d:=d \bmod 399$. Dla takiej sieci także wykonano symulację met58ro, a jej wyniki zamieszczone są także na rys.12, 13, 14.

Nawet w takiej sieci lv wystąpiły moduły, choć nie jest ona losowa i nie ma w niej fluktuacji. Wtedy okazało się, że przecież zawsze można wskazać kilka połączonych nodów i taki zbiór będzie silniej związany, niż przeciętny, więc moduły są zawsze, nie da się zrobić sieci (o sensownym K) tak równomiernej, by ich nie było. Jednocześnie okazało się w drobiazgowej analizie otrzymanych wyników, że każdy globalny klaster ro był zbudowany z nodów silniej ze sobą powiązanych, co z resztą było jasne od początku, ale właśnie dlatego tworzą one formalny moduł. W ten sposób podstawy nazwy ‘semimoduły’ okazały się błędne, klastry ro wykryte w met5 okazują się jednocześnie modułami i przedrostek ‘semi’ jest nieuzasadniony.

W met7 budowano ‘semimoduły’ (obecnie –ro-moduły) jakby bez korelacji z modułami, ale wiele z nich okazywało się nieskutecznymi, a w wielu jako semimoduł w efekcie działała część takiej konstrukcji. Przy ich konstruowaniu pilnowano połączeń, tak, by w jednym ‘semimodule’ były nody powiązane ze sobą, a nie z innymi ‘semimodułami’. Zakładano przy tym, że gęstość połączeń jest równomierna, ‘bo wynika z losowości struktury sieci’. Te założenia jednak nie zapewniły, bo nie mogły, braku modułów, a nawet w ich wyniku konstruowane ‘semimoduły’ stawały się modułami.

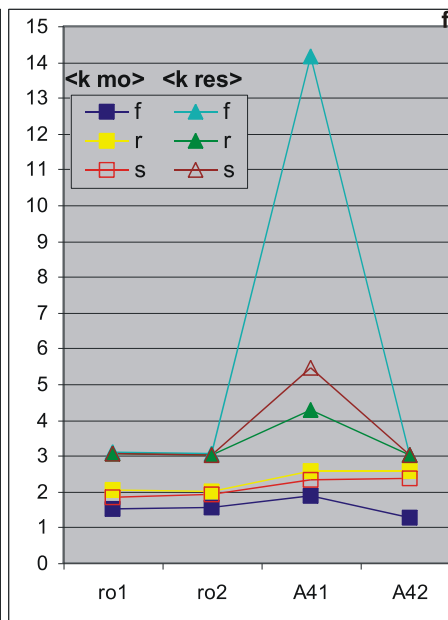
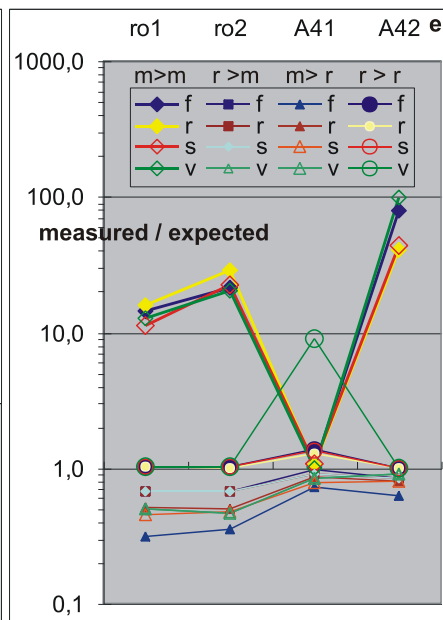
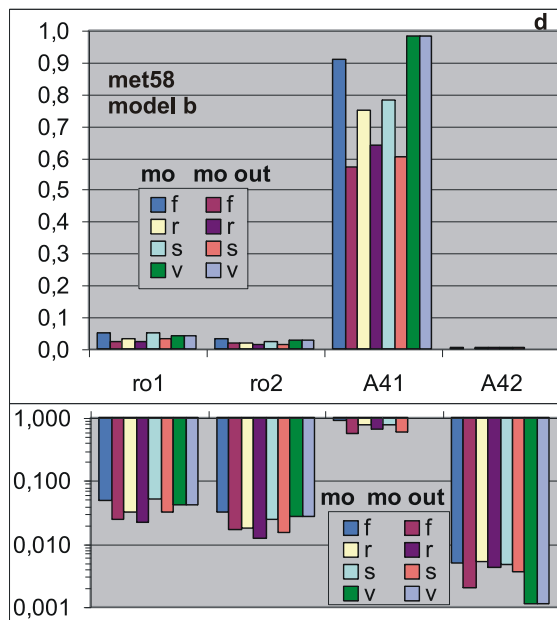
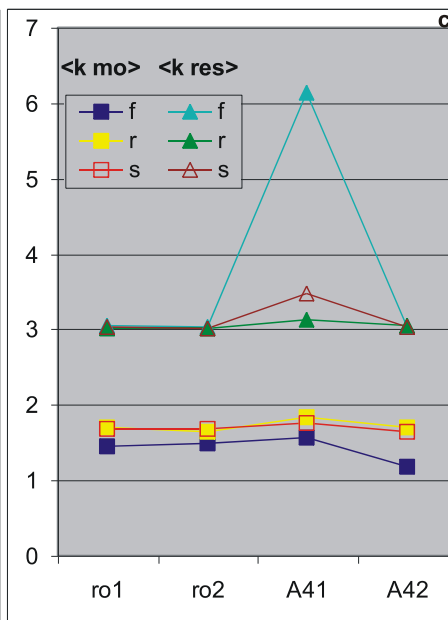
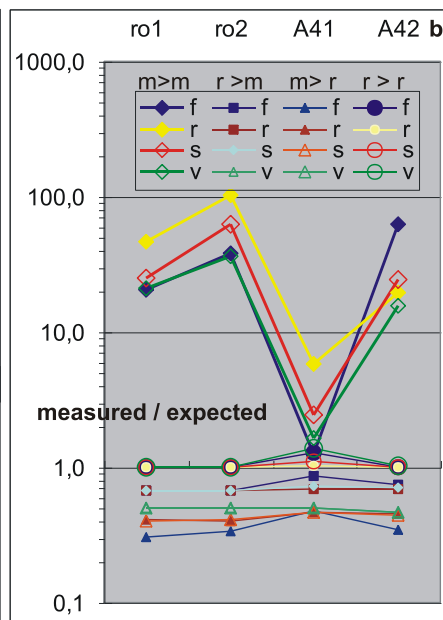
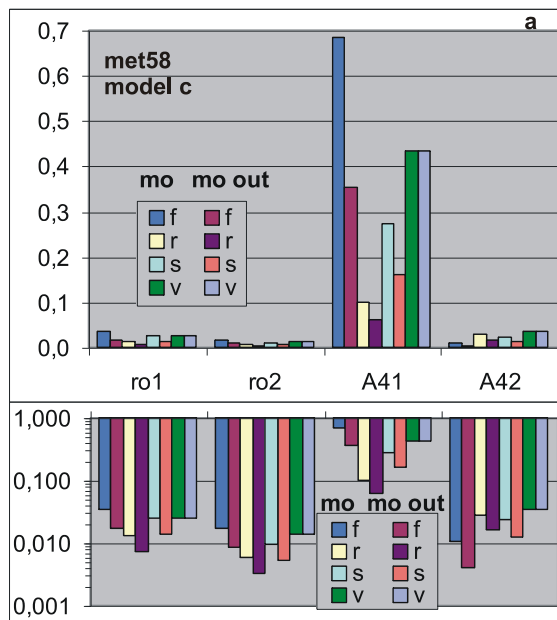
Po tej istotnej korekcie interpretacji, podstawowe wnioski i fakty doświadczalne pozostają bez zmian: półchaos istnieje, posiada stabilność ewolucyjną nawet przy tak sporych zmianach inicjujących jak dodawanie i odejmowanie nodów, występuje nawet w tak nielosowej sieci jak lv. Korekta dotyczy jedynie nazwy ‘semimoduł’ i wynikającej z niej nazwy ‘semimodularności’ oraz sugerowanych przeświadczeń leżących u podstaw przyjęcia takiej nazwy polegających na wierze, że sieci losowe nie zawierają modułów, a więc obserwowane klastry nie mogą nimi być. O ile klastry ro w zastępstwie semimodułów mogą wystarczyć, to semimodularność jako nazwa całości mechanizmu, w którym występuje lód, a w nim izolowane, aktywne obszary, powinna zostać zastąpiona nową nazwą: ro-modularność. Przy takim wyborze można semimoduł zastąpić ro-modulem. Na tej podstawie dokonano korekt w tekstach Szk4, rep i Naaj znajdujących się na viXra oraz w tekście niniejszym od początku.

		sf			er			ss			lv		
		ro1	ro2	A42	ro1	ro2	A42	ro1	ro2	A42	ro1	ro2	A42
met58c	mo	0,034	0,017	0,010	0,012	0,006	0,028	0,025	0,010	0,023	0,024	0,014	0,035
	m>m	20,47	38,29	62,74	45,89	102,30	19,74	24,77	61,90	24,26	20,94	36,11	15,71
	r>m	0,67	0,67	0,75	0,67	0,67	0,69	0,67	0,67	0,70	0,50	0,50	0,47
	m>r	0,30	0,34	0,35	0,41	0,40	0,45	0,40	0,41	0,45	0,50	0,50	0,47
	r>r	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02
met58b	mo	0,049	0,031	0,005	0,032	0,018	0,005	0,051	0,024	0,005	0,042	0,027	0,001
	m>m	14,22	21,00	79,54	15,77	28,72	40,27	11,15	22,47	43,74	12,58	20,27	98,52
	r>m	0,67	0,67	0,84	0,67	0,67	0,83	0,67	0,67	0,85	0,50	0,46	0,89
	m>r	0,32	0,35	0,62	0,51	0,49	0,80	0,45	0,48	0,80	0,50	0,46	0,89
	r>r	1,02	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,02	1,01	1,00	1,02	1,01	1,00

Rys.12. Wyniki poszukiwania modułów w serii met58 ro '4+7'.

W ramach tego rys. zamieszczona jest tabela przedstawiająca w formie liczbowej ważniejsze wyniki pokazane na rys. – udział tak wyznaczonego zbioru mo (a,d) oraz odstępstwo od przewidywań losowych w formie pomiar / oczekiwania (b,e). Przedstawiono tu wyniki symulacji 40 sieci sf,er, które były od początku badane w met5, ale nie w aspekcie modularności, oraz sieci ss stosowanej w met8 zamiast er, a dodatkowo sieci lv o całkiem nielosowych i możliwie równomiernych połączeniach, które miały wyeliminować fluktuacje pierwotnie podejrzane o tworzenie

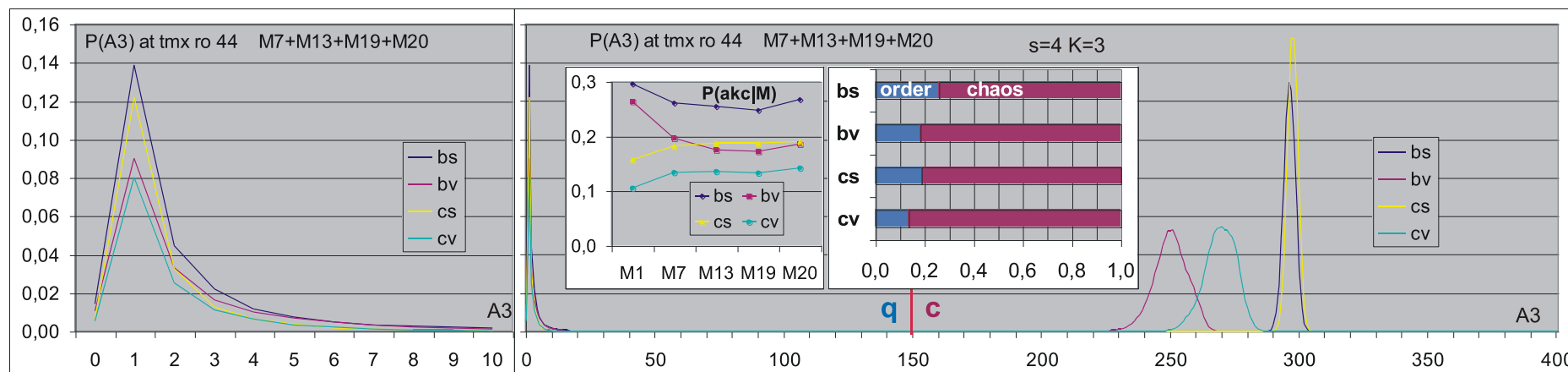
modularności. Teraz już wiadomo, że moduły są zawsze i nie wymagają fluktuacji, ale sieć ta pozostaje dobrą podstawą do tworzenia poprawnych intuicji mechanizmów półchaosu, który występuje w niej podobnie silnie do innych badanych sieci (rys.13, 14). Jest więc cennym uzupełnieniem met5.



Rys. zawiera 2 wiersze, z których górny dotyczy podstawowego dla wniosków z met5 modelu c, a dolny modelu b z minimalną regulacją (patrz met4). **(ad)** przedstawia udziały mo w sieci oraz linków wyjściowych z mo wśród wszystkich linków wyj. Te 2 czynniki definiują przewidywania dla (be) i tablicy. Dla lv $K=k=2$ dla każdego nodu, więc oba czynniki są jednakowe. Dla A41 mo jest szczególnie wielkie, co ma wyraźne odbicie na (bcef) wskazując wyjątkowość tego klastra. Z uwagi na dużą rozpiętość prezentowanych wartości użyto tu skali log na dole i łatwiej czytelnej liniowej na górze. **(be)** w skali log przedstawia odstępstwo od oczekiwań, które jest tu istotnie silniejsze niż w met8 na rys.10. Patrz też tabelka. Zbiory mo są tu istotnie silnie związane niż res, które pokrywa się z oczekiwaniem, a linki pomiędzy nimi są rzadsze niż przewidywano, więc są to moduły. A41 ma inny charakter. **(cf)** przedstawia średnią liczbę linków wyjściowych dla mo i res. Oprócz A41, res ma oczekiwaną wartość 3 wynikającą z $K=3$, a mo, podobnie jak w met8, ma wyraźnie mniejsze wartości, co obniża współczynnik rozmnażania zmiany (patrz pion 3 na rys.9). Dla lv $K=k=2$ są ustalone, więc tu lv nie pokazano.

8.5.2 Wyniki symulacji sieci ss i lv uzupełniające wyniki met5

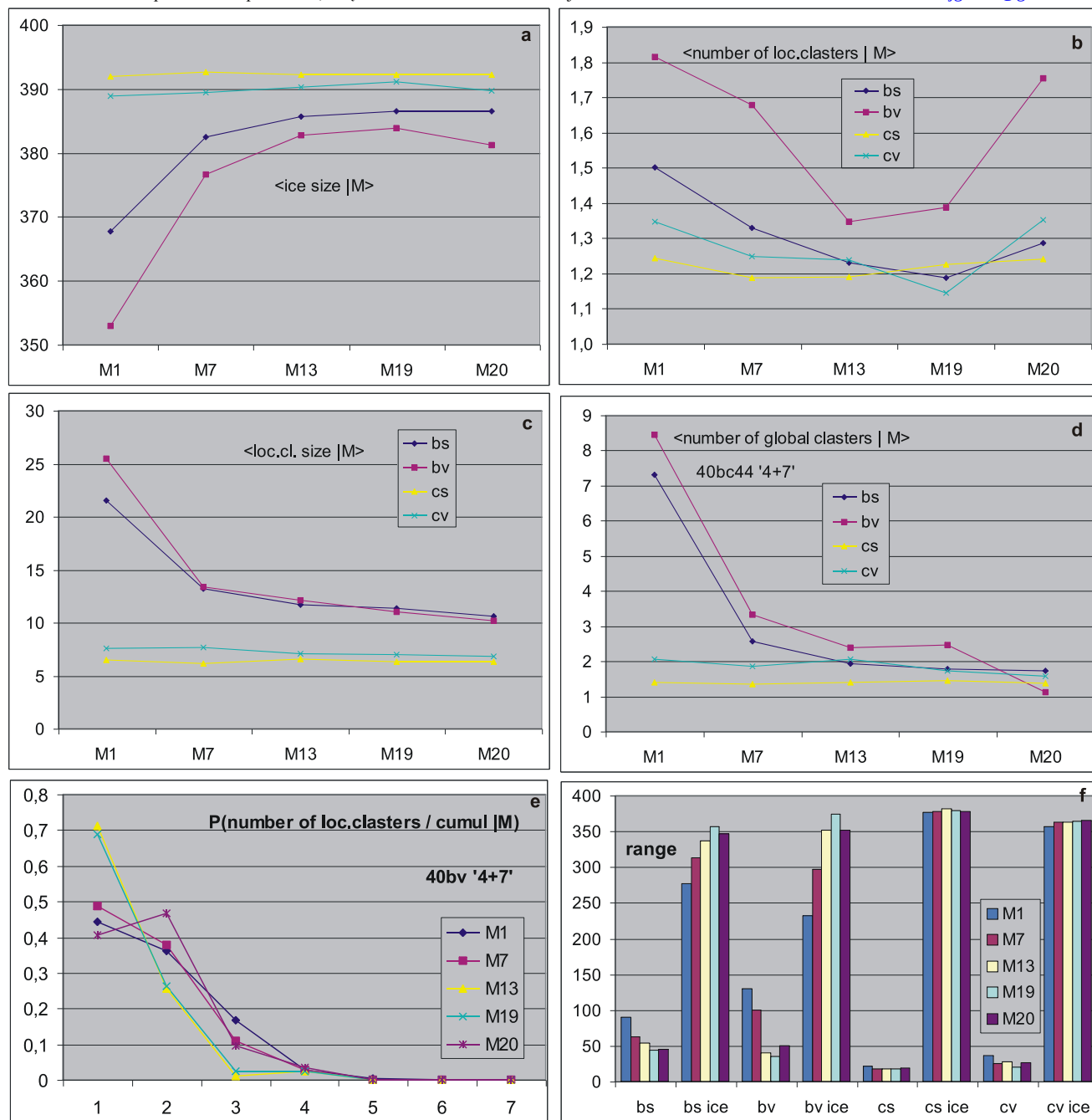
Sieci ss i lv są jakościowo inne od sieci sf i er, które były podstawą wniosków z met5. Skoro były już symulowane ewolucje tych sieci w formule badań met5 to byłoby dziwne, gdyby ich wyniki nie zostały porównane do wcześniejszych. Ogólnie są to bardzo zbliżone wyniki, choć widać nieistotne jednak dla głównych wniosków różnice. Przede wszystkim nielosowa sieć lv z $K=2$ daje prawy pik na rozkładzie wielkości damage wyraźnie przesunięty w lewo (co wynika z $K=2$ i jest też widoczne dla ak2 na rys.1), silniej dla formuły b zawierającej regulację. Przedstawia to rys.13. Jak zwykle włożony w środek diagram dzielący inicjacje na uporządkowane (w lewym pikie) i chaotyczne (w prawym pikie) wyraźnie wskazuje, że wychodząc z PAS uzyskuje się półchaos nawet w tak nielosowej (w aspekcie struktury) sieci jak lv, co potwierdza także wklejony $P(akc|M)$. Kształt pików lewego także jest zbliżony, podobny do innych badań w met5 i met7, ale inny od met6, gdzie także muszą być moduły, lecz brak jest lodu.



Rys.13. Podstawowy wynik dla sieci ss i lv w met58, uzupełniający badania met5 (m5.rys.20 dla sieci sf i er). Dwa piki w rozkładzie wielkości damage w postaci $P(A3)$ (porównaj do rys.1). Lewy pik pokazany dokładniej ma kształt podobny do innych sieci w met5 i met7 nawet dla szczególnie nielosowej w aspekcie połączeń między nodami sieci lv. Ten kształt jest także inny od otrzymanego w met6. Pik prawy dla lv jest wyraźny, choć także wyraźnie przesunięty w lewo i szerszy, co wynika z $K=2$ i jest też widoczne dla ak2 na rys.1. Przerwa między pikami lewym i prawym jest wyraźna. Wklejony diagram stopnia porządku q i chaosu c pokazuje nawet dla lv wyraźną obecność porządku, a wykres $P(akc|M)$ dla passów Mfree wykazuje stabilność q w ewolucji. Razem wykazuje to uzyskanie podobnego półchaosu jak we wcześniejszych badaniach met5 dla sieci sf i er.

Uzupełniając met5 symulacjami następnych sieci: ss i lv należy ponad powyższe przede wszystkim odnieść się do różnic z m5.rys.19 pokazującym 'statystyki klastrow lokalnych i globalnych ro tworzących stan ro-modularności'. W zakresie 'm5.rys.19a – Rozkłady rozmiaru klastrow lokalnych i lodu dla formuł bf,br,cf,cr w zależności od M - passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0' nie ma sensu prezentowania uzyskanych rozkładów dla ss i lv, gdyż są one dostatecznie podobne: bs i bv do bf, a cs i cv do cr. Podstawowe różnice pokazuje tu z grubsza rys.14f 'range' - zakres rozmiarów klastrow lokalnych i lodu. Jest to pierwszy punkt, w którym suma zliczeń w ogonie przekracza wartość 2 (dla porównania z m5.rys.19a, bo teraz jest po 40 sieci a wtedy było po 100, choć teraz jest to nieco za mała statystyka). Dla klastrow jest to zakres od 0 do wysokości słupka, a dla lodu od górnego końca słupka do 400.

Analogiczne wykresy jak w m5.rys.19b przedstawia dla sieci ss i lv rys.14a-d. Tu podobieństwa są także silne, ale trudno wskazać tak proste reguły jak powyżej, choć widać również różnice, te jednak warto wyszukiwać, jak znajdują się po temu potrzeby. Natomiast m5.rys.19c różni się systematycznie w podobny sposób dla wszystkich 4 formuł, nie analizowano teraz tego zagadnienia, przykładem wskazującym kierunek i charakter tej różnicy jest rys.14e. Pominięto całkiem mniej ważne dane analogiczne do m5.rys.19de.



Rys.14. Ważniejsze, różniące się od prezentowanych na m5.rys.19 dla sieci sf i er statystyki klastrow lokalnych i globalnych ro tworzących stan ro-modularności, uzyskane w symulacji met58ro dla sieci ss i lv.

W zakresie 'm5.rys.19a – Rozkłady rozmiaru klastrow lokalnych i lodu w zależności od M - passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0 podstawowe niewielkie różnice pokazuje tu z grubsza (f) - zakres rozmiarów klastrow lokalnych i lodu. Jest to pierwszy punkt, w którym suma zliczeń w ogonie przekracza wartość 2. Jest to nieco za mała statystyka, jednak wystarczająca dla porównania z m5.rys.19a, gdzie użyto sensowniejszej wartości 5 ale dla 100 sieci. Tu jest po 40 sieci. Dla klastrow jest to zakres od 0 do wysokości słupka, a dla lodu od górnego końca słupka do 400.

(a-d) – Średnie rozmiary lodu (a), klastrow lokalnych (c) oraz średnia liczba klastrow lokalnych (b) i globalnych (d) dla formuł bs,bv,cs,cv w zależności od M - passu free obrazującego zaawansowanie oddalania się od PAS0. Ponieważ klastrow lokalnych jest często kilka, to suma średniego lodu i średniej wielkości klastrow nie daje 400. Jak na m5.rys.19b rzuca się w oczy szczególnie duża liczba klastrow globalnych dla passu M1 w modelu b. Dla sieci ss i lv minimum, na (b) jest tu w okolicy 1.3 gdy dla sf i er było około 1.8.

(e) – Rozkłady liczby klastrow lokalnych w zależności od M przedstawione na m5.rys.19c różniły się wyraźnie między sobą, tu są bardziej zbliżone do siebie, jednak inne niż wtedy. Tu M13 i M19 są bardzo zbliżone, ale nieco odmienne o M1,M7 i M20, które zbliżone są do siebie.

8.6 Podsumowanie

Badania met8 wykazały, że inicjacje damage w postaci dodawania lub odejmowania nodów, mimo, że są to raczej duże zaburzenia w porównaniu z punktową permanentną zmianą funkcji, także dają półchaos przy wyjściu z atraktora punktowego. Mechanizm tego półchaosu także oparty jest na utrzymywaniu się dużej frakcji lodu, co silnie sugeruje ro-modularność. Klasty ro nie były tu jednak kontrolowane, więc ro-modularność nie została dokładnie sprawdzona.

Wykazano obecność klasycznych modułów zarówno w sieciach sf, ss i ak2 (ak z $K=k=2$) po ewolucji utrzymującej półchaos, jak i w sieciach losowych, czyli wykazano obecność modularności. W przypadku met8, gdzie struktura jest zmienna, większe moduły rosną z dodatnim sprzężeniem zwrotnym podczas ewolucji.

We wcześniejszych badaniach met1-7, dotyczących sieci losowych o stałej strukturze [rep] nie spodziewano się i nie sprawdzono obecności modułów, ale wyniki obecnej met8 wskazują, że musiały tam też występować. Ma to istotny wpływ na interpretację, więc powrócono do badań met5 w serii met58, gdzie stwierdzono obecność modułów ściśle korelujących z ro-modułami; w wyniku wycofano się z nazwy 'semimoduły' i zastąpiono ją 'ro-modułami' a mechanizm oparty na obecności w lodzie małych, niezależnych 'jeziorek' aktywności nazwano ro-modularnością (wcześniej: 'semimodularnością').

Nie udało się stwierdzić tendencji tworzącej modularność sieci w wyniku selekcji małą zmianą utrzymującą półchaos, a nawet otrzymane wyniki sugerują tendencję przeciwną – zacierania odrębności modułów w wyniku takiej ewolucji. Ta sugestia jest jednak na zbyt słabych podstawach i problem, który wyraźnie jest złożony, wymaga dalszych, znacznie szerszych badań.

Stwierdzono natomiast tendencję konserwatywności starszych nodów. Wykazano, że ten składnik zjawiska nie wynika ze wzrostu stopnia wierzchołka (liczby k wyjść z nodu) w sieciach sf i ss, a dodaje się do takiego efektu. Jest to jeden z najprostszych elementów prawidłowości sformułowanej w 1940r przez de Beera jako zmienności terminalnej i konserwatywności wczesnych etapów ontogenezy.