

Raport z badań symulacyjnych, część III, tendencje strukturalne, wzrost otwartych sieci półchaotycznych

Andrzej Gecow

<https://sites.google.com/site/andrzejgecow/home> gecow@op.pl andrzejgecow@gmail.com ORCID 0000-0003-0562-4106

Abstract

Report of simulation investigations, part III, structural tendencies, a growth of half-chaotic open networks

Parts I and II of the Report concern research in autonomous networks of the basis for the statement that life evolves in half-chaos. This part III, the last, completes this research in open networks. The report is a documentation of research, but it was completed after two publications on the occurrence of half-chaos in growing networks and shielding tendencies, which contained a significant part of this information, so it is only mentioned here for completeness and slightly supplemented. The main topic here is the verification of already published structural tendencies, with a newer, much less simplified algorithm. Structural tendencies in the evolution of complex networks are the cause of the classic, though currently controversial due to the lack of a known explanation, regularities in the evolution of ontogenesis. The presented research confirms the earlier theses, although the current picture of these phenomena turns out to be much more complex and requires the indicated further research.

Keywords: chaos; complex networks; dynamic networks; deterministic networks; Kauffman networks; computer simulation, growing networks, structural tendencies, biogenetic law, terminal modifications, terminal additions, ontogeny evolution regularities.

Streszczenie

Polska wersja **Report of simulation investigations, part III, structural tendencies, a growth of half-chaotic open networks**. Części I i II Raportu dotyczą badań w sieciach autonomicznych podstaw stwierdzenia, że życie ewoluuje w półchaosie. Niniejsza część III, ostatnia, uzupełnia te badania w sieciach otwartych. Raport jest dokumentacją badań, ale został dokończony już po dwóch publikacjach dotyczących występowania półchaosu w sieciach rosnących i tendencji osłaniania, w których znalazła się znacząca część tych informacji, więc tu są one jedynie wspomniane dla kompletności i nieco uzupełnione. Głównym tematem jest tu weryfikacja nowszym, znacznie mniej uproszczonym algorytmem publikowanych już tendencji strukturalnych. Tendencje strukturalne w ewolucji sieci złożonych są m.in. odpowiedzialne za klasyczne prawidłowości ewolucji ontogenezy, choć obecnie kontrowersyjne ze względu na brak znanego wyjaśnienia. Przedstawiane badania potwierdzają wcześniejsze tezy, choć obecny obraz tych zjawisk okazuje się znacznie bardziej złożony i wymaga określonych dalszych badań.

Słowa kluczowe: chaos; sieci złożone; sieci dynamiczne; sieci deterministyczne; sieci Kauffmana; symulacja komputerowa, sieci rosnące, tendencje strukturalne, prawo biogenetyczne, modyfikacje terminalne, dodawanie terminalne, prawidłowości ewolucji ontogenezy.

Wprowadzenie

Jest to trzecia część Raportu, ta stanowi rozdział 9 całości, jest uzupełniającą dokumentacją badań ‘**met9**’ wykonanych w latach 2017-2022. Z uwagi na praktycznie zerowe zainteresowanie wydawałoby się (autorowi) istotnymi publikacjami **FRAaj**, **ggec** i **bic** rzucających radykalnie nowe światło na powszechnie znane przeświadczenia (życie na granicy chaosu, problem rekapitulacji Haeckla) i mój wiek (75 lat) nie planuję już publikacji z opisywanych tu badań. Mam nadzieję, że uda mi się jeszcze dokończyć **książkę ‘Szkic dedukcyjnej teorii życia’**, w której zamieszczę istotne wnioski z tych badań.

Część pierwsza Raportu – **rep1** (<http://vixra.org/abs/1603.0220>) opisuje badania ‘met1-7’ wykonane przez autora w latach 2011-2015. Pozwoliły one wykryć półchaos w skończonych, dyskretnych sieciach autonomicznych o ustalonej wielkości. Są podstawą dla **Szk4** (zgłoszonym do FiN 4 dn. 2015-12-01, a ostatecznie jedynie położonym na <http://vixra.org/abs/1605.0063>), **Naaj** (<http://vixra.org/abs/1612.0390>) oraz **Saaj** (<http://arxiv.org/abs/1712.09609>). Te dwie ostatnie pozycje były podstawą prób publikacji w journalach. Osiem znanych redakcji odrzuciło artykuł bez recenzji. **FRAaj** (<http://arxiv.org/abs/1712.09609> v4) ukazał się ostatecznie w IntechOpen (czytelniejsza jest **v3**, gdyż redakcja przestawiła kolejność rysunków według formalnych, a nie merytorycznych reguł). Wyniki te prezentowane były na konferencjach CHAOS 2020 (**Faaj**) i CompleNet 2021 (**ExMaaj**).

Druga część raportu stanowi rozdział 8, jest dokumentacją badań ‘**met8**’ wykonanych w latach 2015-2017, ale pierwsze wyniki były już wspomniane w **Szk4** i **Naaj**, a nieco szerzej są opisane w **Saaj** i **FRAaj**. Ich najszerszy opis zawiera **Bart**. Badania met8 dotyczą obecności półchaosu w sieciach rosnących, ale nadal autonomicznych.

Niniejsza część III dotyczy badania otwartych sieci rosnących. W zakresie algorytmu tmx jest to metoda 9 (met9). Badania te dotyczą dwóch tematów: Pierwsze to sprawdzenie obecności półchaosu także w takich sieciach (ten temat został opisany w **Bart** przeze mnie i Laszlo Barna Iantovics zanim ta dokumentacja została uporządkowana i nie jest tam przytoczona, ani tu ten temat szeroko opisany). Drugi to **tendencje strukturalne**, które były tematem mojej pracy doktorskiej [**dr** 1987], a później kilku publikacji, z czego najważniejsze są **dgec** i **ggec**. Tamte badania wykonane były przy użyciu mocno uproszczonego algorytmu ‘reversed-annealed’ (rev-ann). Jednym z jego istotnych założeń było, że ‘życie toczy się w chaosie’, co okazało się sprzeczne z (późniejszą od doktoratu) ogólnie przyjmowaną hipotezą Kauffmana, iż życie toczy się na granicy chaosu i porządku. Badania, który z nas ma rację – ja czy Kauffman, są tematem głównie części I Raportu, trochę II i III. Dały one podstawy do utrzymania mojej pierwotnej oceny i znacznie pogłębiły rozpoznanie problemu modelowania obiektów żywych, który okazał się znacznie bardziej złożony, niż to sobie wyobrażaliśmy obaj na początku. W badaniach tych stosowałem algorytm ‘tmx’, znacznie mniej uproszczony. Niektóre tendencje strukturalne badane były już w met8, ale dopiero ‘**met9**’ pozwoliło zweryfikować lepszym algorytmem ‘tmx’ wyniki otrzymane z alg. rev-ann publikowane w **ggec**. Wyniki obu algorytmów okazały się zadziwiająco podobne, mimo wielu aspektów nieuświadomionych jeszcze w alg. rev-ann. Wykazały one jednak, że oczekiwane prawidłowości zasugerowane modelem ‘agregatu automatów’ badanym w doktoracie [**dr**, **bic**] nie są tak ogólne. W nowszych sieciach: **scale-free** (sf) i **single-scale** (ss) uważanych za powszechnie występujące, wyniki wskazują na obecność także innych, konkurencyjnych mechanizmów. Sugerowały to już wyniki publikowane w **ggec**. Model do opisu ewolucji procesu ontogenezy powinien być mniej ogólny, bardziej uwzględniający specyfikę procesu. Czynniki wywołujące odstępstwo od oczekiwań zostały zidentyfikowane – są to reguły wzrostu sieci scale-free (sf) i single scale (ss), które w ostatnich dwóch dekadach uznawane były za podstawowe i bardzo ogólne, jednak wydaje się, że do opisu ewolucji ontogenezy są nieadekwatne i należy zastosować inną regułę wzrostu. Potrzeby tej analizy kazały powrócić do symulacji algorytmem rev-ann, te uzupełniające symulacje także posiadają dokumentację w niniejszym rozdziale.

Czytanie niniejszego raportu bez przeczytania krótszych artykułów i wcześniejszych części 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 i do powstającej książki. 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.

W materiałach uzupełniających znajduje się program .exe, i .pas z otoczeniem oraz zbiór plików .xlsx do większości pokazanych rysunków o nazwach odpowiadających rysunkom. Nie są to materiały dopracowane w celu ich pokazania, raczej robocze, ale wystarczające do użycia, gdyby ktoś zechciał kontynuować te badania. Ponieważ viXra nie umożliwia załączenia materiałów uzupełniających są one dostępne z moje strony pod linkiem: [supplement](#) .

Spis treści

Dla ciągłości Raportu zawiera on także tytuły głównych rozdziałów części I i II. Uważam, że „Spis treści” istotnie ułatwia wyobrażenie o całości i nawigację.

Abstract	1
Streszczenie	1
Wprowadzenie	2
Spis treści	3
Część I - Raport z badań symulacyjnych, podstawa stwierdzenia, że życie ewoluuje w półchaosie	4
1 Wstęp	4
2 Wprowadzenie ujemnych sprzężeń zwrotnych - met1 i 2	4
3 Modularność – met3	4
4 Atraktor punktowy – met4	4
5 Kumulacja zmian małych nie wyprowadza do chaosu, ro-modularność – met5	4
6 Start z krótkiego atraktora, a nie z PAS0 – met6	4
7 Kontrolowane utworzenie ro-modułów – met7	4
Raport z badań symulacyjnych, część II, wzrost autonomicznych sieci półchaotycznych	4
8 Inicjacje przez dodawanie i odejmowanie nodów – met8	4
Raport z badań symulacyjnych, część III, tendencje strukturalne, wzrost otwartych sieci półchaotycznych	4
Skróty, parametry, specyficzne nazwy	5
Bibliografia	5
9 Rosnąca sieć otwarta (m=64 wejść i wyjść) – met9	8
9.1 Założenia	8
9.1.1 Cele	8
9.1.2 Podstawowe okoliczności i założenia algorytmu i programu	8
9.1.3 Typy sieci i zaszłości w nazewnictwie	10
9.1.4 Wykonane symulacje	11
9.2 Krótkie przypomnienie wyników algorytmu reversed annealed	17
9.2.1 Problem tendencji strukturalnych i przesłanki modelu – stożek wpływu, kolejność funkcjonalna, granica złożoności	17
9.2.2 Obraz podstawowych tendencji z badań agregatu automatów, algorytm rev-ann	19
9.2.3 Podstawowe tendencje w sieciach Kauffmana	21
9.3 Porównanie wyników z met8, wpływ obecności wejść i wyjść systemu na półchaos i jego stabilność ewolucyjną	22
9.3.1 Pominięte w Bart nietypowe sieci - ak, al, nm i nn, faza 1	22
9.3.2 Sieci nn z niższym progiem, faza 2	30
9.3.3 Sieci zz i zx, faza 2	34
9.4 Wyniki symulacji tendencji w met9	39
9.4.1 Wyniki P(a D...) met9 (algorytm tmx)	39
9.4.2 Problem wysokości progu L	54
9.4.3 Zależność H i D - tendencja zgodności kolejności funkcjonalnej i historycznej	57
9.4.4 Skróty opis bezpośrednich form wyników i programu	59
9.4.5 Sieć zz i zx z dodawaniem nodów o k=2, faza 2	65
9.4.6 Tendencje w sieciach nn z niższym progiem, sieć si z programami D, faza 2	70
9.5 Uzupełnienia badań algorytmem rev-ann	72
9.5.1 Wykonane symulacje	72
9.5.2 Osłanianie	77
9.6 Podsumowanie	78
References	80

Część I - Raport z badań symulacyjnych, podstawa stwierdzenia, że życie ewoluuje w półchaosie

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, w cz. II (met8) inicjacjami są dodawania i odejmowania nodów co poprzez warunek kumulacji wpływa na strukturę i już tworzy pewne tendencje.

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 (wstępnie) okazało się to zwykle niewystarczające, nawet wspomagane przez met2. W rozdz.8.5 [rap2] badano spontaniczne efekty modularności i okazało się że są one obecne praktycznie w każdej sieci, co opublikowane jest w [Bart](#).

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 (któremu później zmieniłem nazwę na ‘in-ice-modularity’).

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.

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

8 Inicjacje przez dodawanie i odejmowanie nodów – met8

[rep2] Nadal sieć autonomiczna, ale już rosnąca od małej sieci o atraktorze punktowym, poprzez dodawanie i odejmowanie nodów (węzłów). Taki wzrost także wykazuje cechy półchaosu, rozszerza tym zakres form inicjacji zaburzenia, o których wiemy, że dają półchaos. Pojawia się modularność z dodatnim sprzężeniem zwrotnym.

Raport z badań symulacyjnych, część III, tendencje strukturalne, wzrost otwartych sieci półchaotycznych

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 – liczba wyjść nodu, dla sieci *s?* (sf,ss,sh,si) zmienia się podczas ewolucji; dla sieci *a?* (aa,ak,al,an) jest stałe, $k=K$.

typy sieci: **sf** – scale free, **Barabasi-Albert**, **ss** – single scale, **Albert-Barabasi**, **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, tu 1.9.3). Na rysunkach 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], tu rozdz.9.2.2.

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 i met9 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).

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 $A3/N$.

m – liczba wyjść systemu do środowiska, a także wejść ze środowiska. Zawsze $m=64$ oprócz badań osłony, gdzie $m=32$.

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 $N(t)$, tu próg określony dla L (zwykle (rozdz.9.4.2) $L=12$), a dla $d=12/64 = (\text{próg } L)/m$, czyli $A(t)=d(t)*N(t)$. (Symbole L oraz d stosowane są zarówno do wielkości zmiany na wyjściach lub w stanach nodów jak i dla warunku kumulacji na tym opartego.)

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]).

met9 – Metoda 9 poszukiwania istotnie podwyższonej stabilności, od met1 do met8 są opisane w I i II cz. Raportu odpowiednio w rozdz. 2 do rozdz.8.

eksplozja – szybkie przejście $A(t)$ ponad próg z zakresu małej damage (porządek) do dużej (chaos).

krokodyl – wygodna postać przedstawienia przebiegu symulacji, patrz rozdz.9.4.4, 8.3.3, wprowadzone i szerzej omówione w rozdz.4.4, (cz.I raportu).

półchaos, ro-modularność (in-ice-modularity) – patrz rozdz.5 i 1.1.

Odniesienia do rysunków zaznaczone są na czerwono, w ramach każdego rozdziału (met?) są numerowane od 1, odniesienia do wcześniejszych rozdziałów poprzedza m z numerem rozdz., np.: m3.rys.2 odsyła do rys.2 w rozdz.3 (met3).

Bibliografia

Przepraszam za stosowanie ‘dziwnych’ mnemonik, ale, przynajmniej mi bardzo ułatwiają. Na końcu Raportu **References** w formie bardziej typowej, strawnej dla automatów.

Prace Innych Autorów:

Albert-Barabasi Albert, R.; Barabási, A.-L. Statistical mechanics of complex networks. Rev. Mod. Phys. 2002, 74, 47–97.

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. On the evolution of 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**, p. 449-460.
- Benio** B. Korzeniewski, 2019 Do czego służy żaba? Od atomów do żywego osobnika. BEL Studio, Warszawa 2019; BioSimulation Center, Kraków 2019

Moje publikacje:

- 1974** A. Gecow, 1974. Szkic dedukcyjnej teorii ewolucji biologicznej. (III BBB) III Polskie Sympozjum Biocybernetyki, Biomatematyki i Biotechniki. 9-11 maja 1974 - 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.
- 1983** A Gecow, A Hoffman **1983a**. Self-improvement in a complex cybernetic system and its implication for biology. *Acta Biotheoretica* **32**, pp. 61-71. DOI 10.1007/BF00047975, <http://philpapers.org/rec/GECSIA>
- A Gecow, **1983**. Strukturalne tendencje w procesie udoskonalania. I Polskie Sympozjum **CYBERNETYKA-83**, PTC Warszawa, pp. 39-46.
- dr** A Gecow, **1987**. Statystyczne tendencje strukturalne w systemach wielkich a ontogeneza. Interdyscyplinarna rozprawa doktorska na stopień doktora nauk technicznych, Instytut Badań Systemowych, Warszawa.
- bic** A Gecow, **2005**. From a "Fossil" Problem of Recapitulation Existence to Computer Simulation and Answer. w: Special issue on Biologically Inspired Computing and Computers in Biology of the journal *Neural Network World* 3/2005, *Inst. Computer Sci. Acad. Sci. Czech Rep.* s. 189–201. <http://www.nnw.cz/obsahy05.html#3-2005>
- 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.
- epna** A Gecow, **2007**. Emergence of Growth, Complexity Threshold and Structural Tendencies During Adaptive Evolution of System. Dresden, EPNACS'2007
- 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.
- cans** A. Gecow, **2008**. A certain complexity threshold during growth of functioning networks. *CANS 8-10 Nov.08 Tg.Mures Romania IEEE CPS* 69-76.
- 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
- R2gec** A Gecow, **2009d**. The Simple Model of Living Object as an Outside State of Statistical Stable Equilibrium, the Small Change Tendency in Adaptive Evolution. w: *Modelling and Analysis of Complex Interacting Systems*. M.A. Aziz-Alaoui, C. Bertelle (red), *DCDIS-B special issue*, s. 515–533.
- Sgec** A Gecow **2009e**.The conditions of structural tendencies. In: *Modelling and Analysis of Complex Interacting Systems*. M.A. Aziz-Alaoui & C. Bertelle (eds), *DCDIS-B special issue*, pp. 551-572
- 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.
- rep1** 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>.
- Szk4** A. Gecow, **2016**. Życie ewoluuje w półchaosie (IV odcinek Szkicu dedukcyjnej teorii życia). <http://vixra.org/abs/1605.0063>
- 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.

- rep2** A Gecow, **2017**. Report of simulation investigations, part II, a growth of half-chaotic autonomous networks. <http://viXra.org/abs/1711.0467>.
- Saaj** A. Gecow, **2017**. Experimentally confirmed half-chaos removes the strong limitations in modeling using dynamic complex networks. <http://arxiv.org/abs/1712.09609v1>
- FRaaj** A Gecow, **2021**. Life Is Not on the Edge of Chaos but in a Half-Chaos of Not Fully Random Systems. Definition and Simulations of the Half-Chaos in Complex Networks, DOI: 5772/intechopen.93864, <https://www.intechopen.com/chapters/73326> chap. in: A Collection of Papers on Chaos Theory and Its Applications, Bracken P, Uzumov DI (eds.) (DOI: 10.5772/intechopen.91599), p. 122 (14th April 2021, subm.: July 31st 2020), earlier: <http://arxiv.org/abs/1712.09609> (2019).
- Faaj** A Gecow, **2020**. Life evolves in experimentally confirmed ‘half-chaos’ of not fully random networks, but not ‘on the edge of chaos’ in Ch.H. Skiadas (ed.) CHAOS 2020 Proceedings, ISAST, p. 259-270 <http://www.cmsim.org/images/CHAOS2020-Proceedings-A-Gr-1-316.pdf>
- ExMaaj** A Gecow, M Nowostawski, **2021**. Modelling Damage Propagation in Complex Networks: Life Exists in Half-Chaos. In: Teixeira A.S., Pacheco D., Oliveira M., Barbosa H., Gonçalves B., Menezes R. (eds) Complex Networks XII. CompleNet-Live 2021. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81854-8_9
- Bart** A Gecow, LB Iantovics, **2022**. Semi-Adaptive Evolution with Spontaneous Modularity of Half-Chaotic Randomly Growing Autonomous and Open Networks. Symmetry, 14, 92. <https://doi.org/10.3390/sym14010092>
- oslrep, oslrepl** A Gecow, **2022**. ‘Covering’ - a specific but important form of adaptive changes. <https://doi.org/10.31219/osf.io/c2ux3> v2. ‘Oslanianie’ - specyficzna, ale istotna forma zmian adaptacyjnych. v1

Materiały uzupełniające zawiera plik .zip dostępny pod linkiem: [supplement](#) .

Moje publikacje dostępne są także na mojej stronie <https://sites.google.com/site/andrzejgecow/home> oraz Research Gate.

9 Rosnąca sieć otwarta (m=64 wejść i wyjść) – met9

9.1 Założenia

W latach 70- i 80-tych zarówno Kauffman jak i ja zagląдалиśmy po raz pierwszy w świat sieci złożonych. Nasze punkty widzenia wynikały z celów i podstaw były inne, więc widzieliśmy co innego. Kauffman miał więcej szczęścia, mnie przyblokowała żelazna kurtyna, jego osiągnięcia stały się sławne, nad moimi argumentami nikt się nie zastanowił. Jeden z nich zauważył Chaitin, ale straciliśmy kontakt... Pierwsze wnioski z ‘zaglądania’ w ten nowy i bogaty świat sieci złożonych wydawały się obiecujące, choć trudne do zrozumienia i dla intuicji, bo to złożony świat. Zarówno jednak moje pierwsze wnioski – model tendencji strukturalnych w ontogenezie oparty na uproszczonym algorytmie reversed-annealed (rev-ann), jak i wnioski Kauffmana z modelu GRN opartego na losowych sieciach RBN, w tym sławna i ogólnie przyjmowana hipoteza ‘życia na granicy chaosu’ okazały się zbyt uproszczone. Nie znaczy to, że poszliśmy złymi drogami, ale, że rzeczywistość okazała się znacznie bardziej złożona i nasze modele, już z powodu złożoności rzadko rozumiane, były zbyt uproszczone. Jednak bez tego wstępnego etapu, dalsze badania byłyby niemożliwe.

9.1.1 Cele

Podjęcie badań opisywanych w tym Raporcie spowodowane było słabymi podstawami algorytmu reversed-annealed (rev-ann) stosowanego przeze mnie wcześniej (lata 1974-2011) do badań głównie **tendencji strukturalnych** w ewolucji adaptacyjnej systemu otwartego ocenianego na wyjściach (rozdz.1, oraz 9.4 i 9.5). W rozdz.2-8 (met1-8) badany był system autonomiczny, gdyż taki stosował Kauffman [ooKauf], którego znana hipoteza, że życie toczy się na granicy chaosu i porządku była sprzeczna z założeniami mojego algorytmu. Hipotezę tą wydawały się potwierdzać prace Hughes00, Serra04, Ramo06, Serrajtb07 i inne. W znacznie pogłębionym modelu, który dopuszcza odstępstwa od pełnej losowości sieci, sprzeczności te zostały wyjaśnione, a nowa formuła brzmi: ‘**życie ewoluuje w półchaosie nie w pełni losowych systemów**’.

Weryfikacja w nowych okolicznościach i nowymi narzędziami wyników otrzymanych silnie uproszczonym algorytmem rev-ann i podsumowanych w ggec jest głównym celem met9 i naturalną konsekwencją całej drogi opisywanej w Raporcie. Istotnym uzupełnieniem badań met4-8 jest sprawdzenie występowania półchaosu także w sieciach otwartych a przy okazji dużej zmiany programu - także weryfikacja wyników z met8 (te 2 ostatnie zadania badań zostały opublikowane w Bart - wspólnej pracy z Laszlo Barna Iantovics).

9.1.2 Podstawowe okoliczności i założenia algorytmu i programu

W ramach doktoratu w latach 1974-85, badałem temat tendencji strukturalnych w adaptacyjnej ewolucji systemów złożonych na mojej sieci, którą nazwałem agregatem automatów (aa), programem w Fortranie na największym komputerze w Polsce. Po roku 1999 szczególnie wskazane było sprawdzenie wniosków dla sieci sf (scale-free [Barabsi-Albert]), gdyż wydawała się ona głównym typem sieci występującym w przyrodzie i ludzkiej działalności. Program symulacyjny na IBM PC w Pascalu powstawał od roku 2002. Początkowo jego zadaniem było rozszerzenie badań nad tendencjami strukturalnymi na sieci Kauffmana i sieć sf. Wyniki tych badań były publikowane w kilku artykułach [epna - it]. Program ten został dalej rozbudowany do badań osłony - opracowanie i uzupełnienie wyników tych symulacji doczekało się publikacji **oslrep** dopiero w 2022r, są w skrócie opisane w rozdz.9.5.2. Zagłębiając się w tematy szczegółowe, takie jak granica złożoności przeprowadziłem szereg badań publikowanych w arj, brj, it. Program ten realizował algorytm rev-ann, **dotyczył sieci otwartych**, ocenianych na wyjściach i stał się bardzo złożony.

W celu wyjaśnienia konfliktu z hipotezą Kauffmana: ‘życie na granicy chaosu’ program został przystosowany do badań **sieci autonomicznych** a następnie algorytm rev-ann został zastąpiony przez tmx i zaczął ewoluować zgodnie z potrzebami kolejnych ‘metod’. Stare mechanizmy badania tendencji pozostały w programie w nadziei, że niebawem nastąpi powrót do nich, ale ten długo nie następował, a nowe elementy programu nie były z nimi uzgadniane. Gdy przyszedł wreszcie ten powrót w obecnie opisywanym etapie met9, okazało się, że narosłych sprzeczności jest już zbyt wiele i program do badań met9 **zbudowany został przy udziale Laszlo Barna Iantovics** na bazie programu liczącego wyniki publikowane w ggec, głównie przez ponowną zmianę algorytmu ‘rev-ann’ na ‘tmx’. Historia tej ewolucji jest pięknym przykładem adaptacyjnej ewolucji systemu złożonego, pozwalającym na wyrobienie sobie intuicji. Niestety, opis tego procesu nie wydaje mi się realny.

Głównym powodem konieczności przebudowy programu była **granica złożoności** występująca w sieciach otwartych związana z obecnością wyjść systemu do środowiska. Dla stosowanej liczby m=64 tych wyjść, należało stosować o wiele większe N. O ile w met4-7 zwykle N=400, to teraz powinno być N=4000.

Tak jak w met8 wychodząc z sieci PAS N=50 utrzymywano dalej stan półchaosu akceptując jedynie zmiany dające małe damage, ale nie PAS. Tu, podobnie do met7 (gdzie wymuszanie krótkich traktorów w ice-modułach okazało się zbędne), nieoczekiwanie okazało się już po przeprowadzeniu głównych badań, że wymuszony start z PAS jest założeniem zbędnym i wystarczy od pierwszego dodanego nodu stosować warunek akceptacji. Od typowo stosowanego warunku kumulacji, który nie dozwalał akceptacji PAS trzeba było jednak odstąpić (do N=400), gdyż PAS jest na początku jedynym możliwym (akceptowalnym) skutkiem dodania. Następnie włączano warunek kumulacji

początkowo jedynie dodając nody. Od $N=100$ dopuszczano (zależnie od typu sieci) odejmowanie, ale jedynie 5 promil prób. Pełny mechanizm włączany był dopiero po przebyciu obszaru o niejasnych zależnościach wyraźnie poniżej progu złożoności [brj,it], przy $N=450$, tak, by od $N=500$ można było oczekiwać ustabilizowanych warunków. Jak widać, jest to wartość N zbliżona do końcowej wartości w met8, gdzie jednak nie było silnie zaburzającego wpływu obecności wejść i wyjść systemu.

Tak więc, między zbliżonymi met8 i met9 nastąpiła wielka zmiana programu, który w ten sposób został istotnie zweryfikowany. Pierwszym, technicznym celem jest więc sprawdzenie, na ile te zmiany programu utrzymują wyniki i wnioski z met8 (rozdz.9.3). Podstawową różnicą jest wprowadzenie wyjść i wejść całego systemu. Jest ich po $m=64$. Na razie wejścia pobierają ze środowiska sygnały nie zmieniające się, co odpowiada założeniu stałego środowiska (w aspekcie potrzeb funkcjonowania). Natomiast sygnały wyjściowe powinny być podstawą oceny skutków zmiany inicjującej (małego permanentnego zaburzenia) na podstawie której to oceny zmiana taka jest kumulowana i stanowi krok ewolucji. O ile we wcześniejszych badaniach do ggec, ocena ta modelowała adaptację poprzez porównanie z arbitralnie zadanym wzorcem – ideałem, to w algorytmie tmx trudno jest zbudować taki wzorzec. Jedną z podstawowych zalet alg. rev-ann było właśnie istnienie takiego prostego wzorca jako stałego wzorca sygnałów na wyjściu systemu.

Próby uproszczenia alg. tmx w zakresie porównywania wyjść systemu ze stałym wzorcem, np. stanem z chwili $t=0$, zgodnie z oczekiwaniem nie powiodły się, więc **odstąpiłem od budowy modelu adaptacji** nie widząc dostatecznie prostej metody. Ponieważ jednak wszystkie wcześniejsze badania wskazywały, że głównym i decydującym elementem w modelu adaptacji jest mała zmiana funkcjonowania [szerzej omówiona w R2gec, wskazywana systematycznie już od 1975 i bic] a wyniki met4-7 wyjaśniły jej znaczenie (poprzez stabilność ewolucyjną półchaosu), zastosowałem więc to kryterium dla kumulacji zmian sieci, tak, jak i w met4-8. Początkowo, dla porównania wyników z met8, była to mała zmiana funkcjonowania sieci, tak, jak w met4-8 mierzona przez A3 (warunek d, rozdz.9.1.4); a następnie, dla porównania z wynikami alg. rev-ann np. z ggec (przypomnianymi w rozdz.9.2), - mała zmiana na wyjściach systemu mierzona przez L3 (warunek L, rozdz.9.1.4). Oczekiwanie, że wyjścia systemu będą zmieniane proporcjonalnie do zmian stanu całego systemu jest ryzykowne, gdyż zarówno wyjścia, jak i wejścia, jako elementy niewątpliwie specyficzne, powinny mieć także specyficzne historie w wyniku korelacji z warunkiem kumulacji. Na tym jednak oczekiwaniu oparte zostało kryterium L3 (warunek L). Jak się okazało, taki statystyczny związek okazał się dostateczny, choć okazało się także, że wielkość małej zmiany w warunku adaptacji przy silnym wychyleniu od stanu równowagi (podwyższone fitness) jest znacznie silniej ograniczona niż jedynie z warunku utrzymania półchaosu (rozdz.9.4.2). Znaczenie oceny wielkości zmiany mierzonej na wyjściach systemu dla utrzymania stabilności ewolucyjnej półchaosu ma też istotne znaczenie interpretacyjne łączące półchaos z adaptacją.

Drugą, wspomnianą już różnicą programów był zasięg wielkości badanej sieci, który w met8 sięgał jedynie $N=550$ z uwagi na stosowane, trudne do zmodyfikowania tablice, a w met9 stosowano do $N=4000$. Wyniki wcześniejszego rozpoznania [brj] oraz symulacji systemów otwartych (z $m=64$) dla ggec i wcześniejszych wskazywały potrzebę przynajmniej $N=2000$ (dla sieci sh i si), lepiej $N=4000$. Podobnie zmieniły się zbierane dane i ich zakresy na zbliżone do użytych w programie dla ggec i brj. Tu głównie chodziło o wejście symulacji w obszar wielkości sieci ponad ‘granicę złożoności’ [brj], gdzie piki lewy i prawy wyraźnie rozdziela przerwa. Dla sieci autonomicznych położenie piku prawego jest stałe ([it.fig.7], rys.2.b), ale dla sieci otwartych ze stałą liczbą wejść i wyjść systemu, początkowo oba piki nakładają się (rys.2), co istotnie zmienia dynamikę [brj].

W badaniach prezentowanych w ggec i Sgec wystąpiły problemy z osiągnięciem planowanych rozmiarów sieci, opisywane jako ‘**ograniczenie wzrostu**’ (rys.20). Jedną z ważniejszych przyczyn tego ograniczenia była ustalona proporcja losowania dodawania i odejmowania nodów. W obecnych symulacjach proporcję tę ustala się dynamicznie tak, by kumulowanych dodawań było 2 razy więcej niż odejmowań. Metoda ta pomogła istotnie, ale nie zlikwidowała problemu, będzie to dyskutowane w rozdz.9.3.3 rys.6.

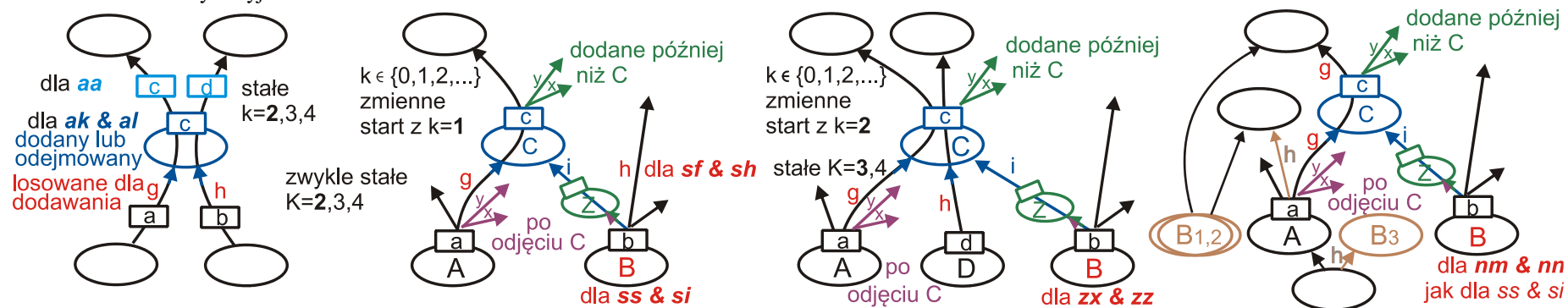
Rodzaj ‘małego permanentnego zaburzenia’ wywołującego damage ma wyraźny (choć drugorzędny) wpływ na rozkład damage (rys.8-11) i dynamikę procesu. Podstawowymi zaburzeniami były tu dodawania i odejmowania nodów, ale dla porównania z met4-7 ciekawe było zbadanie stanu sieci punktową zmianą funkcji. Zbierano więc dane osobno dla tych trzech typów zaburzeń w kolejnych etapach wzrostu sieci (rys.8).

W większości przypadków symulacje pojedynczej sieci były bardzo długie, a początkowe wyniki sugerowały, że konieczne będzie podzielenie takich ewolucji na kategorie podobnie do met8 [rep2], gdzie historie dla ‘great’ i ‘normal’ były wyraźnie odmienne ze względu na zaburzający wpływ szybko rosnących modułów. Łączenie wyników byłoby stratą, więc każda sieć daje teraz wyniki osobno, a po segregacji można je później zsumować. Będzie to dalej dyskutowane rozdz.9.3.3 rys.5.11 i rys.6, rozdz.9.4.4, rys.16.

Jak wspomniano, badania prezentowane w Raporcie trwały ponad dekadę sukcesywnie istotnie zmieniając początkowe wyobrażenia. Zmieniały się więc tezy, założenia i plany badań, co trudno jest usystematyzować. Jedną sensowną regułą jest więc chronologiczne przedstawianie tych badań, co w takim Raporcie jest nie tylko dopuszczalne, ale też ułatwia zrozumienie kolejnych decyzji. Także ta część III Raportu po niemal dokończeniu, w trakcie podsumowywania wymagała pewnych ‘uzupełnień’, które, jak zwykle, w trakcie badań istotnie urosły. Zmusiło mnie to do podziału na dwie fazy badań, gdyż na pełną przebudowę gotowej części brak było czasu i sił, a także sensu tak wielkiej pracy.

9.1.3 Typy sieci i zaszczości w nazewnictwie

Badano głównie sieci **sf**, **ss** i **ak** (patrz ‘Skróty, parametry, specyficzne nazwy’ na początku) oraz ich odpowiedniki w zakresie dodawania nodów, ale także z odejmowaniem nodów, odpowiednio: **se/sh**, **si**, **al**. Są to sieci Kauffmana [Kauffman 1969, 1971] z tym, że liczba wariantów sygnału $s \geq 2$. W przypadku odejmowania nodów w sieci **sf** zmodyfikowano dodawanie: prawdopodobieństwo dodania jest tu proporcjonalne do $k+1$ a nie do k , by nody ślepe ($k=0$) powstałe w wyniku odejmowania mogły ponownie ‘wejść do gry’. Taką modyfikację jako **se** opisywałem już w **epna (2007)**, a następnie w **dgec**, **ggec**, **Sgec**. W tamtym czasie głównym celem było wykazanie tendencji strukturalnych, gdzie odejmowanie nodów było istotnym czynnikiem, więc niemal obligatoryjnym. Sieć **se** była więc traktowana jako inna od **sf** i **ss** a wszystkie 3 w **ggec** miały odejmowanie nodów. Rozważałem także sieć **sg** w **Sgec**. Dalej jednak badałem i porównywałem jednocześnie sieci z odejmowaniem i bez odejmowania, głównie dlatego, iż podstawowe, ogólnie przyjęte reguły sieci **sf** i **ss** nie przewidywały odejmowania. Wygodna reguła oznaczania sieci na rysunkach tylko drugą literą także wymusiła zmianę reguł nazewnictwa i wprowadziłem nazwy **sh** i **si** dla sieci **sf** i **ss** z odejmowaniem, także dla sieci **ak** z odejmowaniem wprowadziłem nazwę **al**. Badania sieci **se** bez odejmowania były prowadzone jedynie roboczo, nie były ciekawe i nigdy nie były publikowane. W publikowanych badaniach ‘**sh**’ pojawiło się **zamiast ‘se’** w **brj (2010)** i **it (2011)**, a dalej w **rep1 (2016) m2.rys.2**. W **met8 stosowałem nazwę sh zamiast se (rozdz.8.2.2)**, co niestety kłóci się z wcześniejszymi ustaleniami i nazewnictwem obecnym w porównywanym **ggec**. Trudno będzie skorygować tę niekonsekwencję, za zamieszanie bardzo przepraszam. Tu usiłowałem powrócić do nazwy **se** z **ggec**, więc nie **sh** (dla której dodawanie powinno być $\sim k$), a **se** ($\sim(k+1)$). Jednak w **Bart** współautor przekonał mnie do **sh** (gdyż różnica ta praktycznie nie zmienia kształtu rozkładu k) i niech już tak zostanie. W materiałach z badań **met9** pozostaje w większości **se**, te jednak są jedynie pokazane w niniejszej III części Raportu, poza tym istnieją w dokumentacji i programach, które może ktoś kiedyś użyje.



Rys.1. Reguły dodawania i odejmowania nodów w sieciach aa, ak i al (pierwsze od lewej), sf, ss, sh i si (drugie), nm i nn (ostatnie po prawej) przedstawione dla $K = 2$ oraz zx i zz (przedostatnie) przedstawione dla $K = 3$. W celu dodania nowego nodu do sieci **aa, ak, al, sf, sh, zx, zz** losowane są linki **g** i **h**. Węzeł **B** jest losowany także dla sieci **zx, zz** oraz zamiast linku **h** dla **ss** i **si**. Dla $K > 2$ dodatkowe wejścia są skonstruowane jak te po prawej stronie. Sieć **aa** nie jest siecią Kauffmana, ma wiele ($k=K$) różnych sygnałów wyjściowych, na każdym wyjściu może być inny. Jej kauffmanowskim odpowiednikiem jest sieć **ak**, która ma tylko jeden wspólny sygnał wyjściowy **c**. Do usunięcia nodu potrzebne jest tylko losowanie nodu do usunięcia. Ruchy główne są takie same, jak w przypadku dodawania, ale w odwrotnej kolejności. Jednak w przypadku zbioru sieci **s?** ($?=f, s, h, i$) **n?** i **z?** zdarzenia, które następują po dodaniu, zmieniają sytuację. Usunięcie może utworzyć $k = 0$: nod **Z** dodany do linku ‘**i**’ może pozostać nodem ‘ślepy’ ($z k = 0$) podczas usuwania nodu **C**, ponieważ część linku ‘**i**’ z **Z** do usuniętego **C** znika. Linki wychodzące **x, y**, które zostały dodane do **C** już po dodaniu węzła **C** do sieci, są przenoszone do węzła **A**, gdzie zaczyna się ‘główny’ link **g**. Ten brak symetrii powoduje zmiany w rozkładach $P(k)$ i innych cechach sieci. Z tego powodu sieci **sf, ss, zx, nm** z usunięciami nodów są inne niż bez usunięć i noszą odpowiednio nazwy **sh, si, zz, nn**. Sieć **ak** nie ulega deformacjom przy odejmowaniu nodów, ale dla ogólności reguł gdy stosowane jest odejmowanie ma nazwę **al**. Link **g** zawsze losowany jest jednakowo i w jego środek wkładany jest dołączony nod **C**, tak samo **h** dla **a?** i **z?**. Sieć **zx** dla $K=2$ jest taka sama jak **ak**, jednak sieci **z?** nie można stosować dla $K=2$, są dedykowane dla $K=3$ i 4 by uniknąć dodawania nodów w $k=1$, lecz pozostawić dla następnych linków regułę sieci **ss**. Sieć **zz** ma odejmowanie inne niż **al**, takie jak **ss**. Sieci **n?** losują nod **B** podający im drugi i dalsze sygnały wejściowe tak jak sieć **ss** i **si**, jednak to losowanie odbywa się zwykle z innego zbioru **B1, B2** i **B3** określonego jak na rysunku. **B1** zawsze jest dostępny w $K-1$ opcjach, **B2** i **B3** istnieją, gdy istnieją linki **h** i liczebność ich opcji zależy od ilości takich linków **h**. Należy zauważyć, że opcje są ‘na poziomie nodu **A**. Nie zawsze program korzysta z takich opcji, wtedy losuje tak, jak dla **ss** i **si**. Reguła **n?** miała na celu zmniejszenie udziału sprzężeń zwrotnych i przybliżenie struktury do obrazu stożka wpływu, by kolejność funkcjonalna była bardziej adekwatna. Zastosowana reguła miała być pierwszym krokiem do jeszcze bardziej złożonej formuły, ale efekty uboczne okazały się zbyt silne.

W met9 dodatkowo wprowadziłem sieć **nm** (bez odejmowania) i **nn** (z odejmowaniem) o regule wzrostu preferującej bliskich sąsiadów i kolejność funkcjonalną. Była to próba uratowania wizji mechanizmu tworzącego tendencje strukturalne we wspólnym modelu systemu dla metabolizmu i ontogenezy. Taki model został silnie zasugerowany wynikami pierwszych symulacji sieci **aa** – agregatu automatów. To nieco dokładniej opisane będzie w [rozd.9.4.1](#) przed [rys.9.7](#).

Przypominając początkowe badania w [rozd.9.2.1](#) wspomniane są sieci **aa**, **an**. Pozostałe sieci badane przeze mnie to głównie **er** i wyjątkowo **lv** w met8.

Podczas opisywania w [rozd.9.3](#) uzupełnień do badań publikowanych w Bart, nabrała znaczenia sieć **nm** (i **nn**), co jeszcze należy zaliczyć do fazy 1 tej części Raportu. Jednak dalej, na bazie wniosków z badań tendencji strukturalnych ([rozd.9.4](#)) powstała koncepcja sieci **zx** i **zz** likwidująca w dużej części problem $k=1$ w regule wzrostu sieci $s?$ (sf,ss,sh,si). Trudno było się oprzeć przed przebadaniem tej sieci zarówno w aspekcie tendencji strukturalnych ([rozd.9.4](#)) jak i uzupełnień problemu występowania półchaosu w sieci otwartej ([rozd.9.3](#)). Spowodowało to już w r.2023 powstanie drugiej fazy badań, w której także ewoluował program symulacyjny. Badania te są treścią [rozd.9.3.2](#), [9.3.3](#) oraz [9.4.5](#) i [9.4.6](#), jednak w następnym [rozd.9.1.4](#) wypisane są także symulacje fazy 2 z uwagi na ich wspólne wykorzystywanie dla tendencji strukturalnych w [rozd.9.4](#) i uzupełnień **Bart** w [rozd.9.3](#).

9.1.4 Wykonane symulacje

Wykonano wiele serii symulacji z różnymi założeniami, zawsze $tmx=1000$. Wiele z nich liczono jako ostateczne, ale przy opracowywaniu wyników okazywało się, że warto zmierzyć jeszcze coś i powtarzano symulacje o nieco innych parametrach. Często można było złożyć te wyniki dla większej statystyki, wiele takich badań nie opłaca się jednak omawiać (wyniki jednak są spójne). W poniższych [tabelach 1 i 2](#) wykazane są jedynie te symulacje, które uwzględnione zostały w prezentowanych wynikach.

Podstawowy podział symulacji wynika z ww. odmiennych celów: 1- Sprawdzenie obecności i stabilności półchaosu, w tym porównanie do met8 dla weryfikacji wyników. Ten cel opisany już został w **Bart**, jednak symulacje należą do met9 i zostały tu wymienione, a nawet użyte. 2 - Porównanie do wyników badań publikowanych w [gcec](#). Tu główne badania wykonane zostały przy założeniu startowego systemu PAS z $N=50$, ale później okazało się, że ten warunek nie jest konieczny, więc powtórzono jedynie niektóre symulacje, gdyż wyniki praktycznie były identyczne. Dodatkowo sprawdzono, czy start z systemu $N=50$ bez sprzężeń zwrotnych coś wyraźnie zmienia. Różne modyfikacje wprowadzane były stopniowo, zawsze sprawdzając, jakie dają efekty, ale zwykle wyniki były praktycznie nieczułe na te warianty. Wśród ważniejszych było zabronienie powrotu pod próg i zmniejszenie warunku na wielkość globalnego atraktora z 900 do 700 przy $tmx=1000$. To dało ostateczny program 'B'. W tych seriach bez wymuszonego PAS $N=50$ dodano prezentację 'trapezu' ([rys.15](#)). W wynikach porównania z [gcec](#) zastanawiające było, że silny wpływ kosztu dodawania w algorytmie rev-ann nie pojawił się w alg. tmx . Wyjaśnienie tej różnicy wymagało także dodatkowych symulacji ([rys.11](#)).

Dla omówienia szczegółów istotne są stosowane **warunki symulacji**:

d – (od damage) warunek kumulacji oparty na A_3 , dla porównania z met8. A_3 - liczba odmiennych stanów nodów (A_1) uśredniona na ostatnich 50 krokach liczenia.

Tu należy pamiętać, że liczenie jest przerywane, gdy po przekroczeniu progu ($A_1(t)=(\text{próg } L)/64*N(t)$) przez 70 kroków proces nie powrócił pod próg. Warunek stosowany w serii porównującej do met8 i badającej występowanie półchaosu, ale dla porównania pokazany także na [rys.10](#).

L – (od 'długości zmiany wyniku' [[R2gcec](#)]) warunek kumulacji oparty na L_3 , dla porównania z [gcec](#). Podobnie do A_3 , L_3 – uśredniona na ostatnich 50 krokach liczba L_1 zmienionych sygnałów wyjść systemu. Wszystkich wyjść jest $m=64$, a próg (zwykle) wynosi tu 12. Warunek stosowany w serii porównującej do [gcec](#), wspomniany także w **Bart** przy dyskusji warunków stabilności półchaosu.

nc – (lub -c) brak warunku kosztu. Stosowany w serii porównującej do met8 ale także do [gcec](#) ([rys.10](#)).

Jest kilka warunków kosztu (cost of addition), stosowanych w [gcec](#), gdzie okazały się bardzo istotnymi czynnikami. Tu nie miały tak istotnego znaczenia. Na 'krokodylach' przed zestawem tych warunków dopisywane było 'c', np. w serii porównującej do [gcec](#) stosowano z poniższych cbL .

t – 'transparency' Na odcinku 50 ostatnich kroków liczenia przynajmniej raz było $A_1>0$. Może być $A_3=0$. Wymusza, by dodawany nod zmieniał stan jakiegoś nodu (w śledzonym zakresie, w porównaniu do wzorca), czyli praktycznie by nie był 'przezroczysty'. Słabszy od L i zawarty w L . (Praktycznie nie stosowany osobno.)

b – 'blind' Dodany nod nie może być 'ślepy', tzn., że musi istnieć droga od jego wyjścia do wyjść systemu. Działa szybciej niż warunek L , który jest nieco mocniejszy. Warunek b sprawdzany był na 2 sposoby, jeden z nich 'został zapomniany' i występował zawsze, nawet przy 'nc' = '-c', co zostało zauważone pod koniec badań, po opublikowaniu **Bart**, ale nie miało to istotnego znaczenia.

L – Na odcinku 50 ostatnich kroków liczenia przynajmniej raz było $L>0$. Może być $L_3=0$. Wymusza, by zmiana na wyjściach w ogóle zaistniała.

Do symulacji początkowo, po stadium rozpoznania i wstępnej ewolucji programu, stosowany był program A. Jego podstawowe założenia opisuje [rozd.9.1.2](#). Po wykonaniu większości ‘ostatecznych’ symulacji okazało się, że warunek startu z PAS nie jest konieczny, (ten stan dalej symbolizuje program C), a ciekawą sugestią było startowanie z sieci bez sprzężeń zwrotnych, co realizował program B wspomniany w [Bart](#). Warunek braku sprzężeń okazał się mało istotny, co wykazały nowsze symulacje głównie zawarte w tabeli 2. W badaniach fazy 2 stosowany był początkowo ‘program’ C, tj. program B z modyfikacjami wykazanymi poniżej, ale bez początkowego warunku sieci PAS lub bez sprzężeń zwrotnych. Później jednak wprowadzone zostały kolejne modyfikacje oznaczone przez D z numerem. Nie miało sensu powtarzanie dla ‘ostatecznej’ wersji programu/warunków wcześniejszych, zwykle kilkudniowych symulacji. Należy traktować te warianty jako rozpoznanie wpływu różnych warunków. Ostateczna wersja programu pozwala wybrać wiele z tych wariantów bez zmian w programie, a w opisie symulacji należało jakoś wskazać, jakie warianty zostały użyte.

Zestawienie głównych modyfikacji programu.

A atr<900, powrót pod próg, start z sieci N=50 PAS

B atr<700, brak powrotu pod próg, start z sieci N=50 bez sprzężeń zwrotnych (noFB)

C początkowe= A bez PAS; główne= B bez noFB, jako program ma już na końcu wybór w ‘Param’ początku typu B i C

Motywacja dalszych zmian: To co obserwujemy i chcemy wyjaśnić w przypadku ewolucji życia, to możliwość znalezienia ścieżki dużego q. Nie jest ważne, jakimi sposobami, byle dały się zastosować jako mechanizm. Należy więc poszukać takich ‘usprawnień’ z już wykrytych zależności. Widać, że początek do N=450 jest istotny, a dalej jakoś się trzyma. W tym ilość lodu wydaje się znacząca, więc jednak powinno się **startować z PAS**. D2 i D1, to kroki przejściowe, ale należy zrobić D3.

D2 C ale początkowy odcinek do N=400 atr<40, próg L=2, dalej 12; powstawał dla poprawienia dojść do N=4000 sieci x163cbl

D1 początkowy odcinek do N=400 atr<40, do N=450 próg L=1, dalej 12

D3 D1 ale: start z PAS, do N=400 atr<25, zmniejszone ograniczenia przerywające, dotąd: atr>1 od 400, ale po 1500 prób od akceptacji ten warunek zdejmowany

D4 D3 ale: 3<atr<25 od N=400

D5 D3 ale: 3<atr<25 na całym tmx po stopniowym osiągnięciu atr>3: początek N=50 atr=1, od N=100 atr>1

D6 D5 ale: dla warunku d do N=200 próg A1=2, atr>1 od N=50 (ale jw. po 1500 prób od akceptacji ten warunek zdejmowany)

Poniższe tabele początkowo miały jasno rozdzielone zakresy badanego tematu, jednak później oba tematy korzystały z symulacji dedykowanych przeciwnym celom. Pozostawiam je rozdzielone, ale obecnie ich kryterium sprowadza się do użytych warunków kumulacji. Pokazane są jedynie symulacje przytaczane w Raporcie.

Tabela 1. Symulacje głównie dedykowane do problemu występowania półchaosu i stabilności półchaosu w rosnących sieciach otwartych, w tym prowadzące do wyników opisanych w **Bart**, a tu do uzupełnień tej publikacji w **rozd.9.3**. W tych symulacjach nie stosowany był koszt dodawania (oznaczone jako 'nc' – no cost, ale zawsze obecny był koszt b – nie dodawanie 'ślepych').

Seria 'd' – kumulacja z warunkiem **d** ($A3 \leq \text{próg}$), m.in. w celu porównania do wyników **met8**. **Serie 'L'** oraz **'d&L'** z warunkiem **L** ($L3 \leq \text{próg}$) oraz odpowiednio także **d** – w celu sprawdzenia skuteczności warunku małej zmiany mierzonej na wyjściach systemu dla stabilności ewolucyjnej półchaosu.

Wartości w tabeli (od prawej) to: liczba symulowanych sieci; * - wszystkie sieci doszły do zadanej wielkości $N=4000$; # - kończy liczbę sieci, które doszły do $N=4000$.

Dla szczególnie ciekawej sieci al pokazuje to trudności w uzyskaniu wyników, gdyż symulacje są tu szczególnie długie i jak widać rzadko skutecznie osiągają większe N .

Kolorem zaznaczone są symulacje o parametrach s, K jakie stosowane były w **met8**, do których należy porównać wyniki, **natomiast tłem wykorzystane** także w **rys.10**. do dyskusji tendencji strukturalnych (**rozd.9.4.1**). W serii L dla sieci ss próbowany był program B (patrz **tab.2** oraz **Bart** startujący z 50 nodów bez sprzężeń zwrotnych), który wydawał się bardziej adekwatny, jego wyniki porównane do serii d&L oraz d, były na tyle podobne do programu A (startującego z sieci PAS o $N=50$) stosowanego w pozostałych symulacjach, że nie powtarzano symulacji dla reszty.

W tej tabeli **fazę 2 (zaznaczoną kolorem)** rozpoczyna program C, który tu symbolizuje brak początkowego PAS i odcinka bez sprzężeń zwrotnych. Jak w **tab 2**, **inny próg L zaznaczony jest kolorem**. W wyjątkowych przypadkach brak sprzężeń 'przeszkadzał' a PAS nie był konieczny. Podczas poszukiwania metody zmniejszenia udziału modułów, powstała jeszcze seria D.

d	$s, K = 4,2$	4,3	4,4	8,2	8,3	8,4	16,2	16,3	64,2
e	*15	*15	15#20	13#15		6#15	4#15	4#15	6#15
i	*15	14#15	5#15	5#15		6#20	1#19	D ₄ 6#10, 1#17	1#15
l	9#10	*15	*10			D ₆ 0#5	D ₆ 1#5, D ₄ 0#5, C0#2, A*1		
n	*10	CL6*5, 13#16	*10			4#5		D ₆ L6*5	CL6*5, 0#5
z		D ₄ *10, C*6	D ₄ *5, C*5		D ₄ *5, C4#5	D ₄ 4#5, C2#5		D ₄ 6#11, D ₃ 4#5, C0#2	
f	*15	*15	*15	8#15		3#15	1#15	1#15	8#15
s	*15	13#15	6#20	8#15		1#20	1#15	0#18	0#15
k	9#10	*17	*10					D ₆ 1#5, D ₄ 0#5	
m	9#10	14#17	18#20			*5			0#5
d&L	4,2	4,3	4,4	8,2	8,3	8,4	16,2	16,3	64,2
e	*10	*10	*10	*10		*10	*10	*10	*10
i	*10	*12	*10	*10		*10	*10	*10	*10
l					D ₅ *5	D ₆ 1#7	D ₆ *8		
f						*20			*20
s						*20			*20
k								D ₅ 1#5	
L	4,2	4,3	4,4	8,2	8,3	8,4	16,2	16,3	64,2
e	*15	*15	*15	*15		*15	*15	*15	*15
i	*15	*15	*15	CL1*10, *15		*15	CL1*9, *15	*15	*15
l		*10							
s						B*20		B*20	B*20

Tabela 2. Seria 'L cbL' – w celu **porównania** obrazu **tendencji strukturalnych do wyników ggec**. Symulacje z warunkami L ($L_3 \leq \text{próg} = 12$, **symulacje z innym progim L = 1 i = 8 są opisane L1 lub L8 i zaznaczone na zielono**) i kosztem cbL dodawania, (w tym: 'b' odrzucającym 'blind' obecnym zawsze oraz 'L' przynajmniej raz na odcinku ostatnich 50 kroków $L > 0$). Zgodnie z nazewnictwem wprowadzonym w Bart jest to głównie program A (symulacje podstawowe bez oznaczenia typu programu, dozwolony powrót pod próg, $1 < \text{atraktor} < 900$, początkowy PAS do $N = 50$). Uzupełniają tę serię symulacje bez warunku wstępnego PAS dla $N = 50$ (oznaczone **przez C** z przodu). Później (zgodnie z Bart) powstał program B, w którym początkowe 50 (badano także 500, ale nic to nie zmieniło) nodów nie posiadało sprzężeń zwrotnych; bez powrotu pod próg, $1 < \text{atraktor} < 700$. Ma on wyznaczanie progę L oraz liczby nodów bez sprzężeń na poziomie ustawiania parametrów (bez zmiany programu). Ustalenie braku tj. 0 nodów bez sprzężeń zwrotnych w programie B okazało się konieczne dla sieci al 4,3, także użyłem to dla se oraz si 16,2L1 i zazaczyłem jako program C jednak z $1 < \text{atraktor} < 700$ i bez powrotu pod próg. Symulacje oznaczone **C z tym kolorem** nie były brane do analizy na rys.9-10, służyły do rozwoju programu i wstępnych ocen w rozmaitych aspektach głównie dla celów Bart, gdzie stwierdzony został brak konieczności startu z PAS. Program C został użyty już w fazie I do badań tendencji strukturalnych, gdyż brak sprzężeń zwrotnych okazał się zbędnym założeniem. **Faza 2 (zaznaczona kolorem)** w temacie tendencji zaczęła się od skonstruowania sieci zz i zx i z powodu trudności w osiągnięciu $N = 4000$ programem C sukcesywnie modyfikowany był program tworząc kolejne wersje D.

L cbL	s, K = 4,2	4,3	4,4	8,2	8,3	8,4	16,2	16,3	64,2
e	C*7, *10	C*5, BL1*10, B*10, *20		*15	BL1*12, B*10	*10	CL1*7, *15	B*5, C*5, *10	*15
i	C*7, *10	C*5, BL1*10, B*10, *20		CL1*10, *15	BL1*12, B*10	*10	CL1*8, *15	D4*5, B*5, C*5, *10	*15
l	C*7, 8#10	C5#10, CL1*10, C*10, *11	0#2	1#15	D60#13, 0#2		D68#10, 0#12		0#5
n	C*7	C4#5, L8*5, 18#20	*2	*15	*2	D6L3*10 9#10	*15	C*5	*15
z		D4*10, C3#5	D4*5, C4#5		D44#5, C2#5	D43#5, C1#5		D43#5, D34#5, C0#12	
x		D4*5				D44#5		D42#5, D13#5, D21#5, 0#(2, C5)	
f		*10		*15			*15		*20
s		*10		*15			*15		*20

Spis symulacji fazy 2 z wypisanymi istotnymi wynikami kolejnych sieci (agregatów).

Wyniki nie mogły być ułożone chronologicznie by wskazywać kolejne wnioski i decyzje, gdyż na kilku komputerach symulacje odbywały się po kilka jednocześnie i śledzone były w trakcie. W nawigacji w tej sporej ilości informacji istotnie pomagają kolory, a do porównywania i podejmowania decyzji – skróty. Liniję rozpoczyna symbol danej symulacji: liczba sieci, typ sieci, warunki kumulacji, program. Dalej główny wynik wpisywany w tabelę 1 lub 2: program, liczba symulacji które doszły do $N=4000$ (lub w bezpośrednie pobliże) zakończona # gdy nie wszystkie, lub * gdy wszystkie, liczba symulowanych sieci. Dalej opisy wyników kolejnych sieci oddzielone przerwami. W takim opisie pierwsza pozycja to osiągnięte N w chwili zakończenia, gdy $=4000$ to *. + znaczy $q+$, gdy $=0$ nie zawsze 0 pisane. * to q^* , - to q_- , i to ilość zamrożonych nodów. b – bez modułów, m – wyraźne moduły, ! i !! to sposób przerywania liczenia oparty na ilości prób dodawania lub dowolnych (dodawanie i odejmowanie) po ostatniej akceptacji. pas – brak znalezienia większego atraktora niż 1 jako przyczyna przerywania. Nie od początku fazy 2 i nie zawsze wszystkie te wielkości były analizowane. Ich analiza daje wiele ciekawych, szczegółowych i zaskakujących wniosków, które służyły do wskazania modyfikacji programu, głównie D.

si, al, ak cbl (tab2: LcbL=cbl)

5i163cblD4 D₄*5 *+125*325-176i338a *+145*336-218i414a *+140*348-198i340a *+116*293-149i289a *+163*377-234i254a . było A*15
13183cblD6 D₆#13 369+0*16-10pas! 3214+0*5-14i3212b! 2864+0*2-20i2860b! 217+0*23-7pas! 310+0*19-8pas! 3169+0*3-19i3167b! 3119+0*3-18pasb!!
 3178+0*2-16i3175a=1b! 348+0*5-7pasb 3123+0*1-13i3121b! 582+0*3-8i581b!pas a=4,2,1 3298+0*2-15i3296b! 3107+0*3-16i3704b!
10i162cblD6 D₆#10 *+2*5-21i3988b *+2*7-19i3997b *+2*4-19i3997b *+2*7-21i3998b *+2*4-21i3997b *+2*6-19i3997b 1194+1*21-8i1187b!
 *+2*5-22i3998b *+2*5-20i3998b 806+12*26-59i804b!!

si, al, ak nc (tab1: dnc, d&Lnc=dLnc):

10i163dncD4 D₄#10 673+3*539-4i303m? 1642+4*450-7m!! *+206*106-276i3984b *+199*121-286i3959b 1593+2*537-6i444m? *+208*126-301i3964b
 *+194*101-292i3979b *+190*107-280i3943b *+201*111-284i3969b 1273+*505-i302m .
5i183dLncD5 D₅*5, *+14*2-188i3998b *+15*3-192i3998b *+16*2-211i3998b *+14*1-216i3997b *+15*3-196i3998b .
7i184dLncD6 D₆1#7 292+0*3-15pasb! *+5*0-225i3998b 173bpas! 294bpas! 179bpas! 231bpas! 231bpas!
5i162dncD6 D₆#5 500+0*3i2i236m! 451+2*396-0i160m!! 101/150+45*168-45b!! 453+2*379-0i205m!! 101+64*138i94b!!
8i162dLncD6 D₆*8 *+18*9-205i3993b *+18*7-209i3998b *b *+16*6-215i3963b *+18*8-230i3995b *+19*7-216i3997b *+16*11-207i3969b *+19*5.
1i63dncA A*1 *+2*1-164i3999b dla 400 +6*15 +2 od 1000, +3 od 600 to prawie nic, choć widać.
5i163dncD4 D₄#5, 420+1*7b! 405+0*0b! 432+1*4b! 438+0*2b! 447+0*4b! lód PAS lub blisko. skok - między 400 a dalej.
5i163dncD6 D₆1#5 *+2*0-175i3982b 373a=4powrót do pas! 569+0*1-8a=3b! 337+0*293-20a24i123m! 349+0*5-4i318a6/1b!
5k163dncD6 D₆1#5 390+0*2-0b! 525+0*80-0b! 372+0*279-0m! *+1*0-0i3987b 415+0*231-0m!
5k163dLncD5 D₅1#5, 308+0*6pasb! 331+0*3pasb! 267+0*0pas!b 278+0*7pas!b *+2*1a4b

zz, zx; LcbL=cbl, dnc, d&Lnc=dLnc w kolejności s,K

5z43cblC C3#5 *+13 1781+! *+12 2677+1!=1500000b *+13 .
5z43dncC C*6 *+130*120- * * * * do anal później...
10z43dncD4 D₄*10 *+259*122-361i3995b 3546+273*120-439i3529b!! *+243*112-362i3997b *+262*109-362i3983b *+247*121-332i3995b
 *+251*121-343i3986b *+268*118-353i3995b *+6/249*119-7/349i3991b *+251*111-366i3992b *+262*117-349i3987b
10z43cblD4, D₄*10 *+12*120-210i3975b *+12*111-201i3968b *+6*101-52i1578b *13*108-206i3983b * * * * * typowe
5x43cblD4, D₄*5 *+10*64i3982b *+13*70i3993b *+13*100i3960b *+10*65i3992b *+12*80i3989b .
5z44cblC C4#5 *+11*80-11i3996b 3929+1*0-10i599!b 1802+! *+11*87-165i3999b *+6*81-55i1784b
5z44dncC C*5 *+246*82i3996b 3628+1*251i357a *+224*77i3993b *+229*79i3998b *+227*75i3994 .
5z44cblD4, D₄*5 *+10*74-138i3980b *+10*77-157i3997b *+9*74-145i3993b *+9*87-114i3629 *+10*74-133i3996b .
5z44dncD4 D₄*5 *+233*83-326i3995b *+22/228*81/86-29/317i3997b *+236*91-320i3987b *+225*76-304i3988b *+229*83-298i3994b

5z83cbIC C2#5 * +4 1601+1! * +4 1774+! 2004+!a .
5z83dncC C4#5 * +70 * +70 * +72 * +74 284+! .
5z83dncD4 D4*5 * +70*45-206i3996b * +72*42-204i3992b * +71*36-206i3996b * +69*37-200i3995b * +71*42-184i3996b
5z83cbID4, D4#5 * +4*33-38i3996b * +4*36-51i3989b 1457+1*43-6i1455b! * +4*97-41i3997b * +4*38-49i3985b .

5z84cbIC C1#5 * +4 2502+! 2414+1! 1867+1! 2004+! .
5z84dncC C2#5 * +63 237+!ma * +67 268+!ma 232+!ma.
5z84dncD4 D4#5 * +63*23-189i3997b 441+0/108*432-2i432b!! * +67*26-186i3996b * +63*25-169i3996b * +66*24-178i3992b
5x84cbID4 D4#5 * +3*18i3986b 1587+*48i842m * +3*11i3987b * +3*12i3680b * +3*12i3993b .
5z84cbID4 D4#5 * +3*24-29i3994b 2217+6*24-47i2213b!! * +3*23-32i3997b 1244+1/12*24-7/62i1242b! * +3*24-38i3991b .

163**z dnc**

2z163dncC C0#2 215+!a 282+!a.
5z163dncD3 D3#5 * +19*20-120i3991b * +18*18-108i3991b * +18*20-123i3992b 517+0*272-2i358a * +19*21-124i3999b .
11z163dncD4 D4#1 1206+18*48i1138b!! 1747+2*20-12i1700b! 489+*347-0i320!am * +18*15-108i3993b 580+2*224-10? * +18*14-106i3992b
 * +19*20-108i3996b * +20*16-99i3997b 470+*346-7i205!am * +18*17-105i3999b * +19*21-117i3996b.

z LcbL

12z163cbIC C0#12 1599+1a 2084+a 1990+a 2102+a 1663+a 1785+a 1366+1a 722n 2005+!a 2001+!a 1295+2a 2198+1!a.
5z163cbID3 D3#5 * +1*20-10i3998b 3958+1*22-10i3957b!! 2286+*59-8i224m! * +1*16-9i3995b 3769+1*16-9i3767b!!
5z163cbID4 D4#5 * +1*16-9i3997b * +1*16-10i3981b 2071+1*58-28i1138m!! * +1*16-11i3996b 1904+0*73-21m!

x LcbL

5x163cbIC 0#(2,C5)1296+!a 1259+!a 1257+!a 1357+!a 1265+!a .
2x163cbIA=PAS 0#(2, 1260+!a 1239+!a .
5x163cbID1 D1#5 1878+!a * +1*3i3985b 1253+!a 3720+1*4i3698!b 3931+1*6i3929 !b. **Uznaję 3#** Prawie doszedł, bez modułów, ale q+=1
5x163cbID2 D2#5 1372+! 1384+! * +1*4i3993b 1197+! 1405+! .
5x163cbID4 D4#5 1935+*34i1534m * +1*3i3991b 1710+47i1084m! 2271+*37i1926m! * +1*5i3981b .

9.2 Krótkie przypomnienie wyników algorytmu *reversed annealed*

Jak wskazano w [rozdz.9.1.1](#), weryfikacja w nowych okolicznościach i nowymi narzędziami wyników otrzymanych silnie uproszczonym algorytmem *rev-ann* [bics] i podsumowanych w *bic*, *krab*, *epna*, *dgec*, *fgec*, *ggec*, *Sgec*, *arj*, *brj* i *it*, jest głównym celem *met9* i naturalną konsekwencją całej drogi opisywanej w *Raporcie*. Jest więc celowe pokazanie tu głównych z tych wyników w innych ujęciach niż opublikowane we wskazanych pracach. Szerszy opis takiego przypomnienia znajduje się w *oslrep*, które powstało, zanim rozdział ten (9.2) został dokończony. Są też wyniki otrzymane algorytmem *rev-ann* dotąd nie publikowane ([rozdz.9.5](#)), których już publikować nie będę w osobnych artykułach, a stanowią istotne podstawy do wniosków zamieszczonych w powstającej książce „Szkic dedukcyjnej teorii życia”. Tu przede wszystkim należy wskazać niedawno uświadomione podstawy podobieństwa wyników obu algorytmów *rev-ann* i *tmx*, oraz powody odstępstwa wyników dla sieci *s?* (*sf,ss,sh/se,si*) od oczekiwanych. Te ostatnie powody istotnie zwiększyły wagę wyników dla sieci *a?* (*aa,ak,al*), które pomijane były w publikacjach ze względu na powszechną ocenę, iż sieci *s?* są znacznie bardziej adekwatne. To przeświadczenie okazało się zwodnicze, co ma zasadnicze znaczenie dla dalszych badań.

9.2.1 Problem tendencji strukturalnych i przesłanki modelu – stożek wpływu, kolejność funkcjonalna, granica złożoności

Prawo biogenetyczne Haeckla jest wyidealizowanym podsumowaniem **prawidłowości ewolucji ontogenezy**, które są trudnymi do weryfikacji statystycznej obserwacjami wielu biologów. Jego wyjaśnienie poprzez ‘dziedziczenie cech nabytych’ upadło wraz z wykryciem mechanizmu dziedziczenia poprzez geny. W biologii panują inne reguły logiki, niż w fizyce i brak wyjaśnienia poprzez geny prawidłowości wchodzących w ‘prawo biogenetyczne’ było wystarczającym powodem do odrzucenia obserwacji fenomenologicznych. „Jeżeli w biologii coś nie jest wyjaśnione poprzez geny, to w ogóle nie jest wyjaśnione” usłyszałem od poważanego polskiego biologa ewolucyjnego jeszcze pod koniec lat 90-tych XX wieku, a próby publikacji (na Zachodzie) wyjaśnienia tych prawidłowości w początkach XXI wieku uzyskały recenzję: „ten problem mamy już poza sobą” bez przeczytania podanych argumentów. Na wiele publikacji i wystąpień nikt nigdy nie odważył się podjąć dyskusji merytorycznej, bo moje wyjaśnienia nie wywodziły się z własności genów, choć były z nimi niesprzeczne.

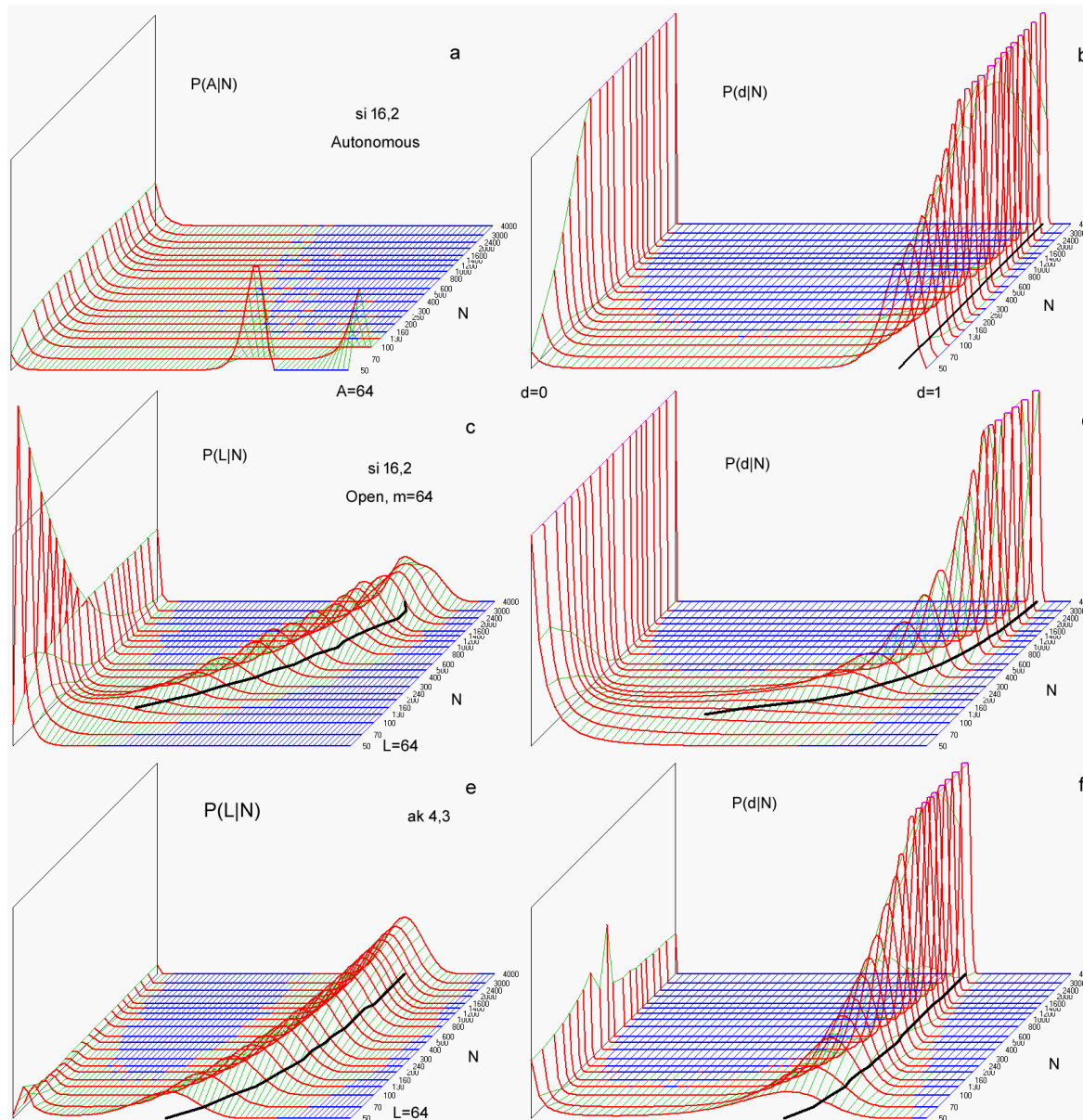
Moja propozycja wyjaśnienia opierała się na modelu rozprzestrzeniania się zaburzenia w ‘systemie wielkim’ (jak to było nazywane na początku lat 70-tych). Jak się później okazało, podobną ideę sformułował już Darwin. Jako fizyk zbudowałem do tego formalny model, w którym głównym założeniem było, że zaburzenie w losowej sieci rośnie, i aby nie rosło, konieczne są jakieś mechanizmy regulacyjne. Obecnie takie założenie znaczy wybór sieci chaotycznej, ale wtedy nie było jeszcze sławnej hipotezy Kauffmana ‘życie na granicy chaosu’ zabraniającej takiego założenia. Ta sprzeczność była motywacją podjęcia prac opisanych w całym *Raporcie* od *met1* do *met9*, które udowodniły, że hipoteza Kauffmana opiera się na zbyt uproszczonych założeniach i przyjęte przeze mnie założenia są dopuszczalne (oraz bardziej adekwatne).

Wzrost zaburzenia w trakcie funkcjonowania jest wynikiem ‘**stożka wpływu**’, który jest naturalną strukturą w złożonych sieciach zależności [*dgec*, *fgec*, *brj*, najszerzej w *oslrep*]. Do modelowania przebiegu takiego wzrostu zaburzenia konieczna jest ‘**kolejność funkcjonalna**’ przedstawiająca jak kolejne zaburzone nody powielają ścieżki rozprzestrzeniania się zaburzenia. Tu pojawia się istotny problem: potrzebna jest sekwencyjna miara takiej kolejności, a modelowany obiekt jest siecią, często zapętloną, co konieczne jest do mechanizmów regulacyjnych. Znalezienie możliwie adekwatnej sekwencyjnej miary kolejności funkcjonalnej w sieci nie jest proste. Ja przybliżyłem tę miarę przez **odległość D do wyjść systemu** do środowiska ([*dr*, ...najszerzej w *Sgec* i *oslrep*], stosowane były dwie wersje: *D0* dla sieci *aa* z *K=2* [rys.3.d](#), i dla pozostałych normalna odległość *D1*), poprzez które zmiana powinna być oceniana i akceptowana, bądź odrzucana przez mechanizm doboru naturalnego modelowanej ewolucji adaptacyjnej. Wzrost *damage* w ramach stożka wpływu przede wszystkim zależy od **współczynnika rozmnażania zmiany** odpowiadającego wykładnikom Lapunowa, który decyduje, czy sieć losowa jest uporządkowana, czy chaotyczna.

W formalnym modelu takiej ewolucji **odpowiednikiem prawidłowości ewolucji ontogenezy są tendencje strukturalne**. Są to odstępstwa rozmaitych wielkości charakteryzujących powstałą strukturę od rozkładów losowych wynikające z zastosowania warunku adaptacji. Warunek adaptacji tworzący strukturę sieci w trakcie jej powstawania powoduje, że sieć taka nie jest w pełni losowa, a Kauffman badał sieci w pełni losowe, więc nie można było spodziewać się w nich tendencji strukturalnych. Nie wynikają one z własności genów, a z własności samego procesu adaptacji złożonej struktury.

Tu powstaje problem: co to znaczy ‘złożona’ w tym kontekście? Jest wiele aspektów i związanych z nimi podejść do oceny złożoności. W tym *Raporcie* (część III) istotnym aspektem jest wpływ pojawiających się dopiero w *met9* wolnych (łączących system ze środowiskiem) wyjść i wejść. Obecność wyraźnej przerwy między lewym i prawym pikiem w rozkładzie wielkości wynikowego zaburzenia (*damage*) jest istotnym elementem mechanizmu ewolucyjnej stabilności półchaosu – powstanie tej przerwy świadczy o

dojrzałości tego mechanizmu, a jego obecność można uznać za **kryterium złożoności**. Badania nad tym problemem najszerzej opisane są w [brj](#), wspomniane są w [epna](#), [cans](#), [it](#), [oslrep](#) i poniżej ([rys.2](#)), a występowanie zjawiska wskazywane było już w [dr](#), [bic](#), [krab](#), [dgec](#), [gcec](#).



Rys.2. Granica złożoności (opisana szerzej w [\[oslrep, brj, cans\]](#)) pokazana na przykładzie autonomicznej sieci $si\ 16,2$ (a,b) oraz sieci otwartych $si\ 16,2$ (c,d) i $ak\ 4,3$ (e,f) gdzie wpływ $m\ we/wy$ agregatu (systemu, sieci) modyfikuje początek wzrostu w obrazie $P(d|N)$ (d,f) oraz $P(L|N)$ (c,e). $P(A|N)$ (a) jest przedstawieniem $P(d|N)$ z (b) w innej zmiennej ($A=d*N$) dla początkowych 64 wartości A – liczby zmienionych stanów nodów.

Są to wyniki z alg.rev-ann punktowej zmiany funkcji na określonym poziomie N – liczby nodów w sieci. Sieć o tym rozmiarze osiągnięta jest bez warunku małej zmiany, ale alg.rev-ann liczy jednokrotnie zmieniony obszar sieci, co nie dopuszcza do wtórnych inicjacji. W późniejszym alg.tmx (stosowanym od met1 do niniejszej met9) wtórnym inicjatom zapobiega warunek krótkiego atraktora tworzący półchaos i utrzymujący go warunek małej zmiany. Można powiedzieć, że **algorytm rev-ann zakłada obecność półchaosu, a pojawienie się dwóch pików przedzielonych przerwą jest wejściem w ten półchaos i związaną z nim złożoność**.

a,b - sieć autonomiczna, czyli bez wejść i wyjść całego systemu łączących go ze środowiskiem. Stała pozycja pików w zmiennej d – damage.

c-f - sieć otwarta, z 64 wejściami ze środowiska (sygnały stałe) i 64 ocenianymi wyjściami. Pik prawy równowagi chaotycznej Derridy [\[Derrida, it\]](#), zarówno w zmiennej L jak i d dochodzi asymptotycznie do pozycji przewidzianej przez Derridę. Jest to wynik udziału wej/wyj systemu. Daje to znacznie większy zakres N – wielkości sieci (liczba nodów), gdzie oba piky nakładają się powodując zmieszanie efektów statystycznych związanych z tymi pikami. Ustabilizowana, ‘czysta’ sytuacja występuje, gdy pik rozdzielają się tworząc niebieską ‘zatokę’ – wyraźną przerwę między pikami, brak zliczeń. Ten zakres N uznaję jako złożony, a pojawienie się tej przerwy jako próg złożoności. Próg złożoności dla sieci autonomicznych (np. w met8) pojawia się dla $N=160$ gdy dla otwartej dopiero dla $N=500$. Ogólnie, dla mniejszych s,K pojawia się później [\[brj.fig.2 i 5\]](#).

9.2.2 Obraz podstawowych tendencji z badań agregatu automatów, algorytm rev-ann

Pierwszym badanym przeze mnie modelem systemu złożonego był ‘agregat automatów’. Model ten przedstawiony już w 1974 r na III Polskim Sympozjum Biocybernetyki, Biomatematyki i Biotechniki a następnie na w 1975 na V Międzynarodowym Kongresie Biomatematyki w Paryżu, dalej rozbudowany, stał się podstawą doktoratu i kilku innych publikacji, w tym głównie 1983, **bic** i **krab**. Agregat automatów tworzą nody=automaty, które mają po K wejść = k wyjść. $K=k=2$ stosowano aż do 2006, dalej w **epna** i **dgec** badano także $K=k=3$, ale nie pokazano dla takiego K tendencji. Automat w agregacie automatów (aa – skrót stosowany w moich publikacjach) nie tylko miał zawsze więcej niż jedno wyjście, (w przeciwieństwie do sieci Kauffmana er, sf, ss) ale też sygnały na tych wyjściach były niezależne, zwykle różne, gdyż funkcja (zawsze losowa) była k-wymiarowa. Stosowane były sygnały 2 i więcej-bitowe, czyli $s=4; 8$ itd., zmiana sygnału na jednym wejściu dawała więc średnio $w=k(s-1)/s$ (współczynnik rozmnażania zmiany, najlepiej opisany w **it**) istotnie większy od 1. Obraz rozchodzenia się zaburzenia w sieci przybliżony był ‘stożkiem wpływu’, gdzie zaburzenie (damage) zwykle rosło nie wypełniając całego stożka, tworząc wewnątrz stożek damage.

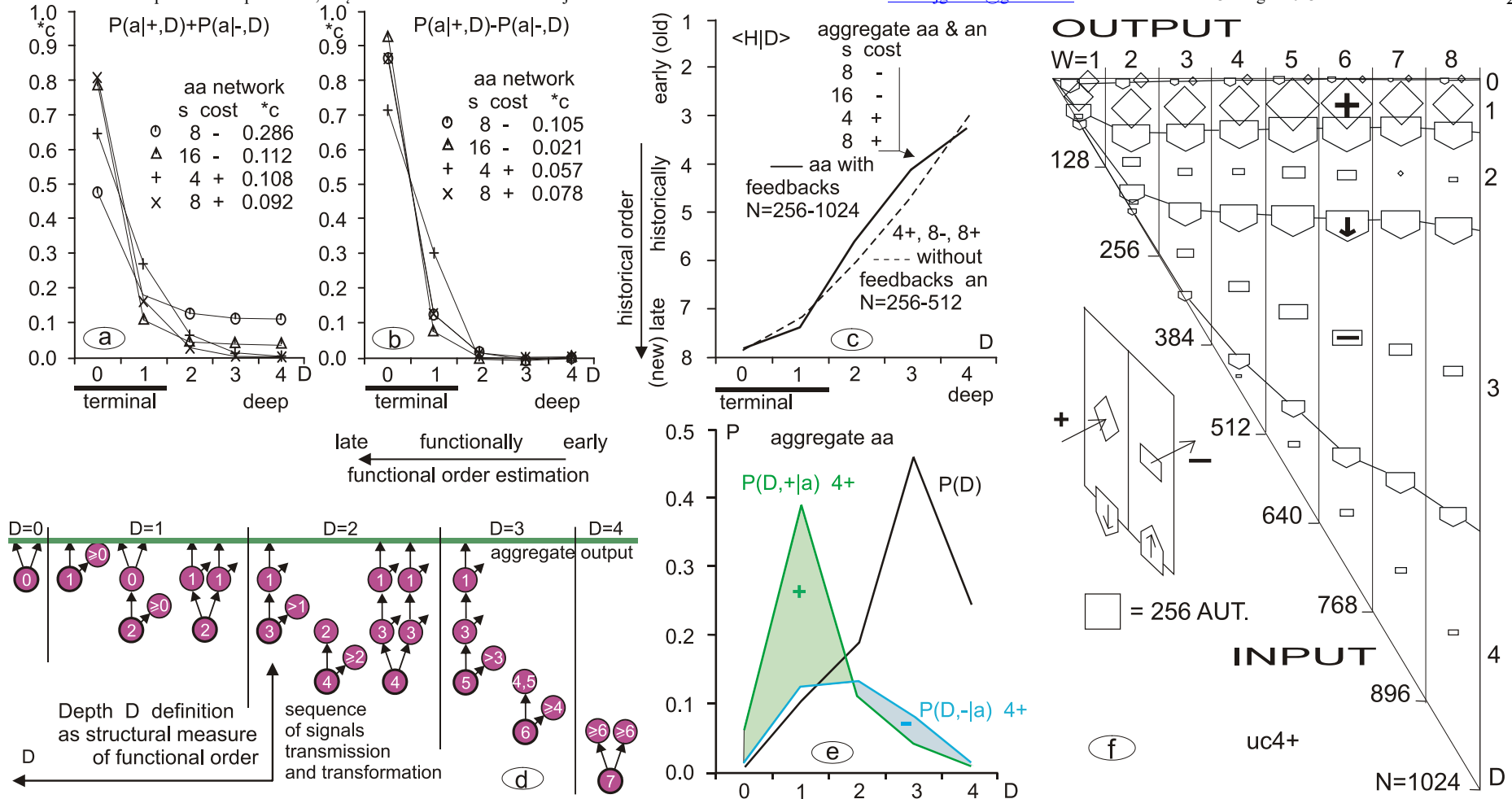
Symulację tego obrazu realizował algorytm **reversed-annealed (alg.rev-ann)**. Jego zadaniem było wyznaczenie wielkości damage na wyjściach systemu, które poddane są ocenie adaptacji przez porównanie do zadanego ‘ideału’. Obserwuje się więc damage od jego powstania poprzez inicjację, do dojścia do wyjść systemu i określenia wielkości zmiany na tych wyjściach. Czyli z czasem działania systemu damage dochodziło do ocenianych wyjść, gdzie część zaburzenia kończyła drogę, inna część po zapętleniu wchodziła w obszar już zaburzony, co (w domniemaniu) nie zmieniało istotnie jego statystycznego stanu, więc dalsze liczenie było przerywane. **W ogólnym przypadku nie jest to poprawne założenie, ale słuszne jest w zakresie modelowania życia i ewolucji biologicznej, gdyż odpowiada założeniu półchaosu. (Życie to utrzymywanie półchaosu, gdy system narażony jest na losowe zmiany, opiera się na ewolucyjnej stabilności półchaosu.)** Jednokrotne liczenie zaburzonego obszaru sieci nie dopuszcza liczenia pętli sprzężeń zwrotnych, w tym do wtórnych inicjacji. W stosowanym obecnie alg.tmx (od met1 do niniejszej met9) inicjacja wtórna zapobiega warunek krótkiego atraktora definiujący półchaos, a utrzymuje go warunek małej zmiany. To okazało się dopiero po wykryciu półchaosu i obecnej próbie porównania wyników symulacji tendencji strukturalnych oboma algorytmami. Algorytm tmx zastępuje symulacyjnym sprawdzeniem niepewne założenie (o statystycznym podobieństwie dalszego liczenia w obszarze sieci już liczonym). Tworzy to jakby nowy wymiar – obserwację damage w dłuższym czasie, niż dojście do wyjść systemu. Obserwacja w dłuższym czasie owych pętli pokazuje nowe zjawiska, w których długość atraktora ma istotne znaczenie – przede wszystkim pojawia się zjawisko wtórnych inicjacji. Otrzymujemy rzeczywisty stan trwałego, stabilnego poziomu q (stopnia uporządkowania) i dopiero w tym stanie kończony jest liczenie i badana wielkość zmiany na wyjściach systemu. Osiągnięcie tego stanu wymaga krótkiego atraktora, krótszego niż obserwowany przedział czasu, którego wielkość wskazuje arbitralnie (jednak na podstawie wstępnych symulacji) dobrana wartość maksymalnego t (tmx, stąd nazwa dokładniejszego algorytmu).

Poza najprostszym, początkowym modelem brzegowym, dodanie automatu polegało na wylosowaniu K linków, które były przerywane i w tą przerwę wstawiany był nowy automat z losową funkcją. Wraz z odejmowaniem automatów były to podstawowe zaburzenia oceniane na wyjściach przez podobieństwo do arbitralnie wybranego ideału. Innym zaburzeniem była punktowa zmiana funkcji, co jednak nie było związane ze wzrostem i ewolucją. Algorytm rev-ann nie rozróżniał zmiany chwilowej (jednorazowej) od zmiany permanentnej, co okazało się uproszczeniem o największych konsekwencjach interpretacyjnych – nie uwzględniał wtórnych inicjacji, ale je dostatecznie skutecznie ograniczał, co dało (w zakresie modelowanych zjawisk) poprawne wyniki.

Kolejność funkcjonalną automatu przybliżono głębokością D_0 (dla sieci aa, ak, an gdzie $K=k=2$) mierzoną od wyjść agregatu (**rys.3.d**). Wykazano jej silną statystyczną zgodność (**rys.3.c** $<H|D>$) z kolejnością historyczną H (przyłączenia do sieci). W trakcie badania modelu udoskonalano go wprowadzając rozmaite typy kosztu, np.: koszt utrzymania automatu w systemie (dodanie automatu musiało poprawiać adaptację, a odejmowanie było akceptowane gdy nie zmniejszało fitness) oraz stwierdzono, że większa liczba stanów fitness daje lepsze efekty, więc główne wyniki prezentowane w **bic, krab, epna i ggec** dotyczą wagowej oceny.

Wyniki tego modelu (**rys.3**) były bardzo wyraźne i zgodne z oczekiwaniami – dawały poprawnie tendencje strukturalne zbliżone do obserwowanych w biologii ewolucyjnej prawidłowości: Zmienność terminalna i konserwatywność wczesnych etapów ontogenezy (**rys.3.a i f**); Dodawanie terminalne; Wypieranie wsteczne; Upraszczenie wczesnych etapów (**rys.3.b,f**); Rekapitulacja.

Interpretacja agregatu automatów była szeroka – mógł on opisywać metabolizm, ale głównie miał opisywać proces ontogenezy. Tu nieco problemów dostarczała interpretacja sprzężeń zwrotnych, ale przecież ontogeneza ma wiele mechanizmów regulacyjnych oraz tworzy zamknięty cykl poprzez pokolenia, co dawało drogę rozwiązania tych trudności. **Możliwość opisu procesu ontogenezy i metabolizmu jednym modelem systemu złożonego była atrakcyjna**, jednak dalsze badania na wydawałoby się bardziej adekwatnych sieciach Kauffmana ze ‘zmiennym’ k [**epna (2007), dgec (2008), ggec (2009)**] nie dały już tak wyraźnych tendencji. Podczas tych symulacji nagromadziło się wiele konkretnych problemów, jak np. granica złożoności (od jakiej wielkości N sieci występują badane tendencje i dlaczego nie wcześniej), z których główny to konflikt z hipotezą Kauffmana zabraniającą stosowania parametrów sieci chaotycznych. Ten ostatni problem doprowadził do zmiany algorytmu na ‘tmx’ i badań opisywanych w niniejszym Raporcie [**rep1, rep2**, wraz z tą III częścią].



Rys.3. Podstawowe tendencje strukturalne otrzymane w symulacji alg.rev-ann modelu agregatu automatów $K=k=2$, definicja D0. Szerzej w dr, krab, bic i oslrep.

d - Definicja głębokości **D0** jako opisu kolejności funkcjonalnej (terminalne/wczesne) wewnątrz agregatu gdy $k=K=2$, (tu D0 to D). Pozostałe to podstawowe wyniki oparte na takim opisie. $P(a)$ to prawdopodobieństwo akceptacji. Sieć an to aa bez sprzężeń zwrotnych. Koszt to ostry warunek poprawienia adaptacji po dodaniu automatu.

a - Zmienność terminalna i konserwatywność wczesnych etapów 'ontogenezy'. (Porównaj rozdz.9.3 rys.8-12.) ;

b,e - Terminalna przewaga dodawania nad odejmowaniem i Upraszczanie wczesnych etapów (głębokich, ale zgodność $\langle H|D \rangle$ na c);

c - Rekapitulacja, czyli zgodność kolejności funkcjonalnej D i historycznej H. Zachodzi gdy większość dodawań jest płytko i modyfikuje formę dojrzałą (a to wykazuje a).

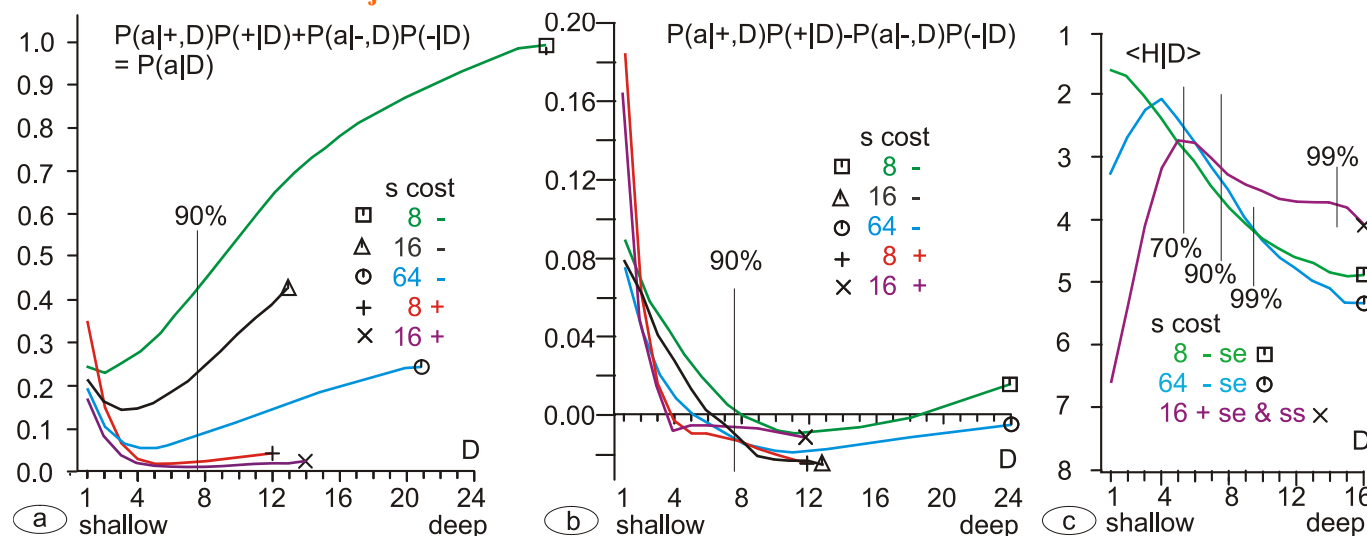
f - Wypieranie wsteczne - przepływ automatów z płyiczn, gdzie dominuje dodawanie na większe głębokości, gdzie dominuje odejmowanie. (Porównaj rys.15.)

Wyniki dla oceny wagowej, 'trójkąt' f dla przypadku o najsilniejszym upraszczaniu (odejmowaniu) etapów wczesnych funkcjonalnie. uc4+ oznacza: warunek wagowy, z ciągłą zmianą wymagań, włączony koszt. Pozostałe wyniki dla skokowej zmiany wymagań. Dokładniejsze opisy w dr, i publikacjach.

c - Statystyczna zgodność H i D (porównaj rys.12 i 4.c.) powoduje, że tendencje pokazane tu w D występują także dla H.

Tak zdecydowane wyniki sugerowały wystarczalność wspólnego modelu dla procesu ontogenezy oraz dla sieci Kauffmana nie było już tak jasne.

9.2.3 Podstawowe tendencje w sieciach Kauffmana



Rys.4. Analogiczne do rys.3.a,b,c wyniki symulacji alg. rev-ann wzrostu sieci typu $s?$ z odejmowaniem węzłów, czyli sh i si, publikowane głównie w [dgec](#) i [ggec](#). $K=2$, liczby wariantów sygnału s podane na rys. liczbą w zakresie 8-64. Wyniki dla sh i si były na tyle podobne, że można je było przedstawić wspólnie na a i b. Sieć al nie była wtedy badana dokładniej i wyniki dla niej nie były publikowane, gdyż wydawała się mało ciekawa – sieci sf i ss były uważane za powszechnie występujące. Badania pokazane w niniejszej części Raportu wskazują jednak na znaczenie tej sieci i reguł dodawania w związku z nienaturalnym wpływem dodawania tylko węzłów z $k=1$ w sieciach $s?$ (patrz rozdz. 9.4.5).

O ile tendencje strukturalne: **terminalna przewaga dodawania nad odejmowaniem i upraszczanie głębszych** (wcześniejszych funkcjonalnie) obszarów sieci wyszły tu (b) zgodnie z oczekiwaniem, to kształt odpowiadający **zmienności terminalnej** (a) jest zbliżony do oczekiwanego jedynie z warunkiem kosztu (dodawanie węzła musi poprawiać fitness, odejmowanie nie może go psuć). W przypadku braku kosztu (dodawania), szczególnie dla mniejszych s dominuje tendencja odwrotna. Zaznaczono na a i b miejsce w zmiennej D (głębokość $D1$ – zwykła odległość od wyjść systemu) wskazujące 90% węzłów sieci, co ma istotny wpływ na ocenę siły tendencji – np. dla przypadku $s=64$ bez kosztu (linia niebieska) można uznać występowanie zmienności terminalnej. Koszt wymusza, by zmiana w ogóle doszła do ocenianych wyjść systemu, czyli nie wygasła głęboko. Ponadto należy tu pamiętać w kontekście badań met9, że wielkość akceptowalnej zmiany silnie ograniczona jest wielkością stopnia wychylenia fitness od stanu równowagi (bez już uzyskanej adaptacji). Stopień wychylenia utrzymywany był tu standardowo na poziomie $\frac{3}{4}$ maksymalnego fitness [[R2gec](#)]. Koszt utrudniał dołączanie nowych węzłów (zawsze z $k=1$) na większych głębokościach obszaru o średnim k na tyle małym, że współczynnik rozmnażania zmiany $w=k(s-1)/s$ był < 1 (lub w bezpośrednim pobliżu 1), czyli obszar ten był uporządkowany i zaburzenie w nim wywołane dodaniem czy odjęciem węzła wygasło, więc było akceptowane.

Wpływ parametru s i kosztu na **zgodność kolejności historycznej H** (dodania węzła) i **funkcjonalnej D** na (c) jest jeszcze bardziej złożony. Pokazuje on niepełną skuteczność warunku kosztu. Tu wyniki dla sieci se (sh) i si (na rys. 'ss' aby utrzymać zgodność z [ggec](#)) bez kosztu były nieco inne i nie należało ich składać, choć jakościowo były podobne.

9.3 Porównanie wyników z met8, wpływ obecności wejść i wyjść systemu na półchaos i jego stabilność ewolucyjną

Badania wpływu obecności wejść i wyjść systemu na półchaos i jego stabilność ewolucyjną oraz ich opis przedstawiony w **Bart** zostały wykonane przeze mnie i **Laszlo Barna Iantovics**. Ograniczyliśmy się tam do znanych i powszechnie uważanych za najważniejsze sieci 's?', tj. **sf** i **ss**, wraz z ich istotną modyfikacją pozwalającą odejmowanie nodów - **sh**, **si**, a pominięte były sieci nietypowe - **ak**, **al**, **nm** i **nn**, badane przeze mnie głównie ze względu na problem tendencji strukturalnych. Znaczenie sieci **al** istotnie wzrosło w wyniku kontynuacji badań w temacie tendencji strukturalnych i ich związku z prawidłowościami ewolucji ontogenezy (rozdz.9.4), więc i uzupełnienie wyników pokazanych w **Bart** o badania własności sieci **al** związanych z półchaosem także nabrało znaczenia. Tu jedynie podane zostaną wyniki pominięte w tamtej publikacji, gdyż w czasie prac nad nią ich jeszcze nie było. **Tabela 1** pokazuje nowe i wcześniejsze symulacje sieci wykonane do potrzeb tego tematu. Po napisaniu tego rozdziału (obecnie rozdz.9.3.1) i powrocie do tematu tendencji (rozdz.9.4) strukturalnych powstała koncepcja sieci **zz** i **zx**, co zmusiło do rozszerzenia badań w temacie niniejszego rozdz.9.3 (faza 2 rozdz.9.3.2 i 3).

9.3.1 Pominięte w **Bart** nietypowe sieci - **ak**, **al**, **nm** i **nn**, faza 1

Zakres tematyczny **Bart** to opis badań występowania półchaosu w sieciach rosnących, obejmuje met8 (sieci autonomiczne) i met9 (sieci otwarte). W met9 trzeba było istotnie przeorganizować program, więc naturalnym zadaniem było także **sprawdzenie podobieństwa wyników do uprzedniej wersji programu**. Take badania były przeprowadzone podczas rozwoju programu i wyniki były zadawalające, nie ma potrzeby ich tu relacjonować, ważne jest natomiast, że taka weryfikacja nastąpiła, a dalsze, nowsze (met9) badania nie przeczą wcześniejszym wnioskom. Weryfikacja taka istotnie zwiększa wiarygodność wyników tych eksperymentów z uwagi na dużą złożoność programu i realne prawdopodobieństwo istotnych pomyłek.

Półchaos określony jest w zakresie parametrów systemu, które dla sieci w pełni losowej dają zdecydowany chaos. Zdefiniowany jest dla sieci nie w pełni losowych poprzez krótki atraktor jako założenie będące stwierdzoną (met5-7) przyczyną, oraz poprzez skutek: obserwowany rozkład damage, w którym przede wszystkim stabilność systemu jest silnie podwyższona (względem systemu w pełni losowego o tych parametrach). Podwyższoną stabilność reprezentuje lewy pik – małych damage, którego zawartość stanowi q - część wszystkich efektów małego zaburzenia, zwana stopniem uporządkowania. Dla systemów chaotycznych q jest praktycznie niewidoczne, dla systemów półchaotycznych q ma rząd wielkości zbliżony do pozostałej części, jest zauważalny i zjawiska z nim związane są nie do pominięcia statystycznego. Z met8 wiadomo, że silnym zaburzeniem konkurującym z efektami półchaosu są rosnące moduły. Bez ich silnego wpływu rozkład damage ma dwa piki rozdzielone radykalną przerwą (przedziałem o szczególnie niskim prawdopodobieństwie wystąpienia damage o takiej wielkości). Prawy pik to stan równowagi chaotycznej wskazany przez Derridę [**Derrida, it**]. Tak więc **podstawowym kryterium obecności półchaosu jest lewy pik w rozkładzie wielkości damage d o zauważalnym, niepomijalnym, przede wszystkim – stabilnym poziomie q , obserwowany po dostatecznie długim okresie pracy systemu po zaburzeniu**. Problemem jest tu wyznaczenie granicy lewego piku, czyli granicy 'małej zmiany' (małej damage). Gdy nie ma silnego zaburzenia od dużych modułów, problem ten rozwiązany jest w naturalny sposób – wyznacza go przerwa pomiędzy pikami. W pozostałych przypadkach trzeba określić go arbitralnie, na podstawie przewidywanego położenia równowagi Derridy, raczej wyraźnie bliżej lewej, czyli mniejszych damage. Drastyczna różnica z siecią chaotyczną pozwalała na takie wyznaczenie bez obawy, że będzie to zasięg zbyt duży.

W otwartym systemie, posiadającym wyjścia (a to jest podstawowa nowość w met9), które w praktyce zazwyczaj są oceniane jako pożądany efekt działania systemu, bardziej niż wewnętrzna destrukcja (damage) systemu interesująca jest wielkość zmiany wyniku – czyli sygnałów na wyjściach systemu 'do środowiska'. Jak już wspomniano, oczekiwanie, że wielkość tej zmiany będzie proporcjonalna do damage jest ryzykowne, ale pociągające, więc zbadano to także i okazało się, że taka silna korelacja zachodzi statystycznie. Biorąc to pod uwagę można badać obecność, własności i wpływy półchaosu opierając się na wielkości L zmiany wyniku na wyjściach systemu. Jest to także opisane już w **Bart**.

Wyznaczenie obecności półchaosu nie ma związku z zastosowaniem kosztów przyłączania nodów do sieci – ten aspekt był istotny dla tematu tendencji strukturalnych. Główne badania pokazane w **Bart** nie mają więc wbudowanego kosztu (są 'bez kosztu' – **nc**), ale wykonane później symulacje z kosztem, głównie cbL , także można badać, czy półchaos tam się utrzymuje, co ma istotne znaczenie interpretacyjne gdy rozważamy zastosowanie ewolucji sieci złożonych do opisu życia. Oprócz uzupełnienia badania obecności półchaosu w sieciach **al**, **ak**, **nn**, i **mn** **brak wpływu kosztów jest drugim uzupełniającym tematem**.

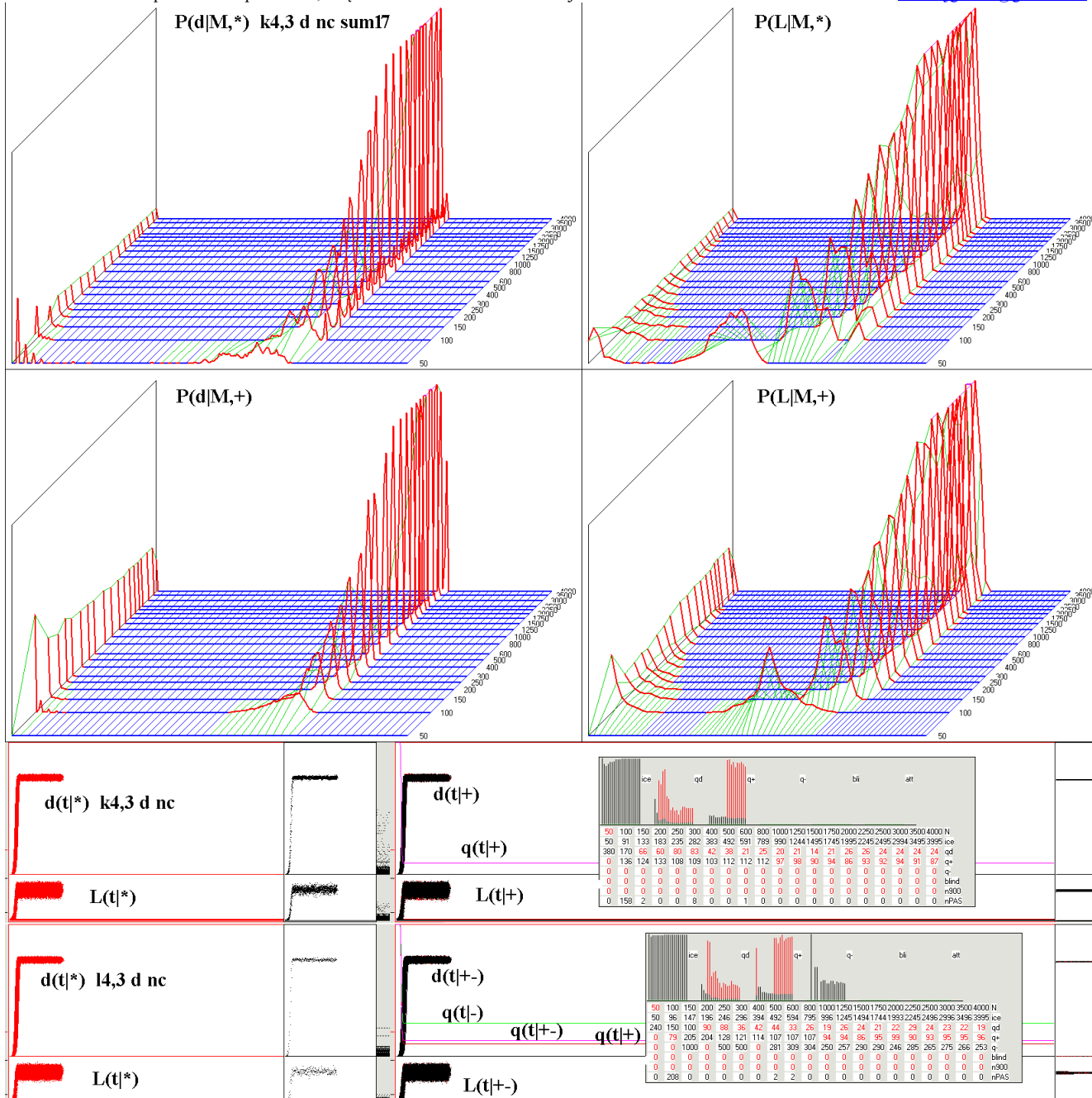
W **Bart** wyniki przedstawiają 2 rysunki: **Bart.fig.8**, gdzie dla serii opartej na kryterium d (kumulacja zmian o damage d nie większej niż próg) głównie pokazane było jakie wielkości N osiągały sieci w symulacjach. Dla sieci al , ak , nn , mn dane te pokazują już **tab.1** oraz **2.**, ale w fazie 2 badań temat został pogłębiony i pokazany na **rys.6**. **Bart.fig.9** jest bardziej złożony, głównie przedstawia przykłady z serii L (kryterium L decyduje o kumulacji na podstawie wielkości zmiany L na wyjściach systemu), ale obie serie dają te same wnioski. Seria L i seria oparta na obu kryteriach $d&L$ dały praktycznie identyczne wyniki i zostały połączone. Poniżej przykłady prezentowane na **rys.5** (rozszerzającym **Bart.fig.9**) głównie brane są z serii d (**tab.1**).

Najważniejszym uzupełnieniem jest sieć **al**, i jej wersja **ak** bez odejmowania nodów pokazane na **rys.5.1**. Ponieważ wykresy $P(d/L|M, *+-)$ dla sumy wielu symulacji al $4,3$ d nc są praktycznie identyczne z pokazanymi na **rys.16** dla al $4,3$ cbL oraz dla al L nc , nie pokazane są tu ponownie, zamiast tego pokazane są te wykresy dla sieci ak $4,3$ d nc , choć i one są niemal takie same, jak dla al . Jak widać, nie ma tu wpływu efekt większych modułów i mimo sumowania dużej liczby symulacji obraz jest ‘czysty’, przedstawia 2 piki rozdzielone zatoką. (W sieci al i ak moduły pojawiły się jedynie dla $s, K=4,2$, **rys.5.2.**) Lewy pik jest dość mały, ale wyraźnie jest widoczny, a na krokodylach $d(t+)$ $q2(t)$ wyraźnie stabilizuje się na znacząco podwyższonym, nie zerowym poziomie. Eksplozje do chaosu pojawiają się jedynie na samym początku badanego przedziału t do tmx . Obecność półchaosu jest więc ewidentna. Wyniki obserwowanie na pojedynczym krokodylu dla zbliżonego N nie świadczą jednak jeszcze o stabilności ewolucyjnej półchaosu, gdy zmianami inicjującymi są dodawania zwiększające N w skali ewolucji. Ten problem rozważany będzie w **rozd.9.4.5** na **rys.17.4**, tu patrz **rys.5**.

Jak widać z **tab.1** i **2**, oraz **rys.6**, osiągnięcie większych rozmiarów sieci al i ak dla większych s, K jest problematyczne z uwagi na ograniczenie wzrostu, co dyskutowane jest w **rozd.9.5.1** na **rys.20**. W symulacjach al i ak $4,2$ i $4,4$ także jest czysty obraz $P(d/L|M, *+-)$ półchaosu, ale w $4,4$ pik lewy jest jeszcze mniejszy, natomiast w $4,2$ jest wyraźnie większy i na początku ‘jest połączenie z ładem’. Początek do $N=500$ jest jednak mało miarodajny ze względu na nieco inne warunki wzrostu, nakładanie się pików i brak pewności, że jest to już sieć złożona (w przypadku sieci otwartej).

Obecność kosztu dodawania minimalnie podnosi q , **rys.17.4**. Widać to na **rys.14** gdzie poziom q na krokodylu jest ‘zadawałający’ i na **rys.16** dla $e4,3$. Obserwowane krokodyły, na nich poziomy q oraz obrazy $P(d/L|M, *+-)$ dla cbL są praktycznie identyczne do uzyskanych w serii d nc i L nc . Ograniczenie progu L do 1 (**rozd.9.4.2**) powoduje zmniejszenie wpływu dużych modułów tak, że np. suma $10Ci8,2$ L cbL $L1$ ma w $P(d/L|M, *+-)$ ‘czystą zatokę’ i poprawny pik prawy.

Sieci typu **nm** i **nn** mają dość złożoną formułę dodawania nodów, jej opis jest w ramach **rys.1** w **rozd.9.1.3**. Wyniki badania tej sieci, szczególnie w aspekcie półchaosu, są ciekawe. Jest ona oparta na formule ss i si , ale większość dodawań ma dodatkowe warunki mające na celu zmniejszenie udziału pętli sprzężeń zwrotnych oraz zwiększenie wiązania dość bliskich sąsiadów. Miało to na celu statystyczne zbliżenie struktury do obrazu stożka wpływu istotnego dla tendencji strukturalnych. Te modyfikacje nie powinny zwiększać stabilności, a zmniejszenie udziału sprzężeń zwrotnych utrudnia powstawanie ‘mechanizmów regulacyjnych’, które zazwyczaj polegają na ujemnych sprzężeniach. Mimo tej domniemanej ‘neutralności’ warunków dołączania względem stabilności, **q wyraźnie wzrosło, czyli półchaos manifestuje się istotnie silniej**. Wyniki w tym aspekcie pokazują **rys.5.3-6**. Pik prawy (w szczątkowej postaci) istotnie przybliżył się do lewego praktycznie nie osiągając poziomu równowagi Derridy, co **może być efektem silnego wzrostu znaczenia sporych modułów [brj]**. **Zwiększenie udziału wiązań ze względnie bliskimi sąsiadami może prowadzić do łatwiejszego powstawania takich modułów**. **W tym aspekcie mechanizm wzrostu modułów, zwykle zaburzający obraz półchaosu, a nawet konkurencyjny, okazuje się jakby pomocny**. Interpretacja tego zjawiska jest jednak złożona, ma wiele nawzajem sprzecznych aspektów i zbudowanie satysfakcjonującego modelu powstawania i wpływu modułów podczas kontrolowanego małą zmianą wzrostu wydaje jeszcze trudniejsze, niż oceniane było w **Bart**. Temat ten podjęty został ponownie w fazie 2 (**rozd.9.3.2** oraz **9.4.6**) gdzie badana była sieć nn z niższym progamiem $L=8$, 6 i 3 .



Rys.5. Graficzne wyniki symulacji wzrostu sieci ak, al oraz nm, nn (a dalej w fazie 2 także sieci zx, zz) pod kontrolą malej zmiany w aspekcie obecności i ewolucyjnej stabilności półchaosu.

Jest to uzupełnienie wyników prezentowanych w Bart na fig.9. Przedstawione są: $P(d/L|M,+)$ - Zmiany rozkładu damage d i wielkości zmiany wyniku na wyjściach systemu L w trakcie kolejnych etapów M wzrostu opisanych wielkością N. **Stabilność ewolucyjna półchaosu to obecność lewego piku w zbliżonej wielkości od N=500.** **Ważnym uzupełnieniem jest rys.17.4.**

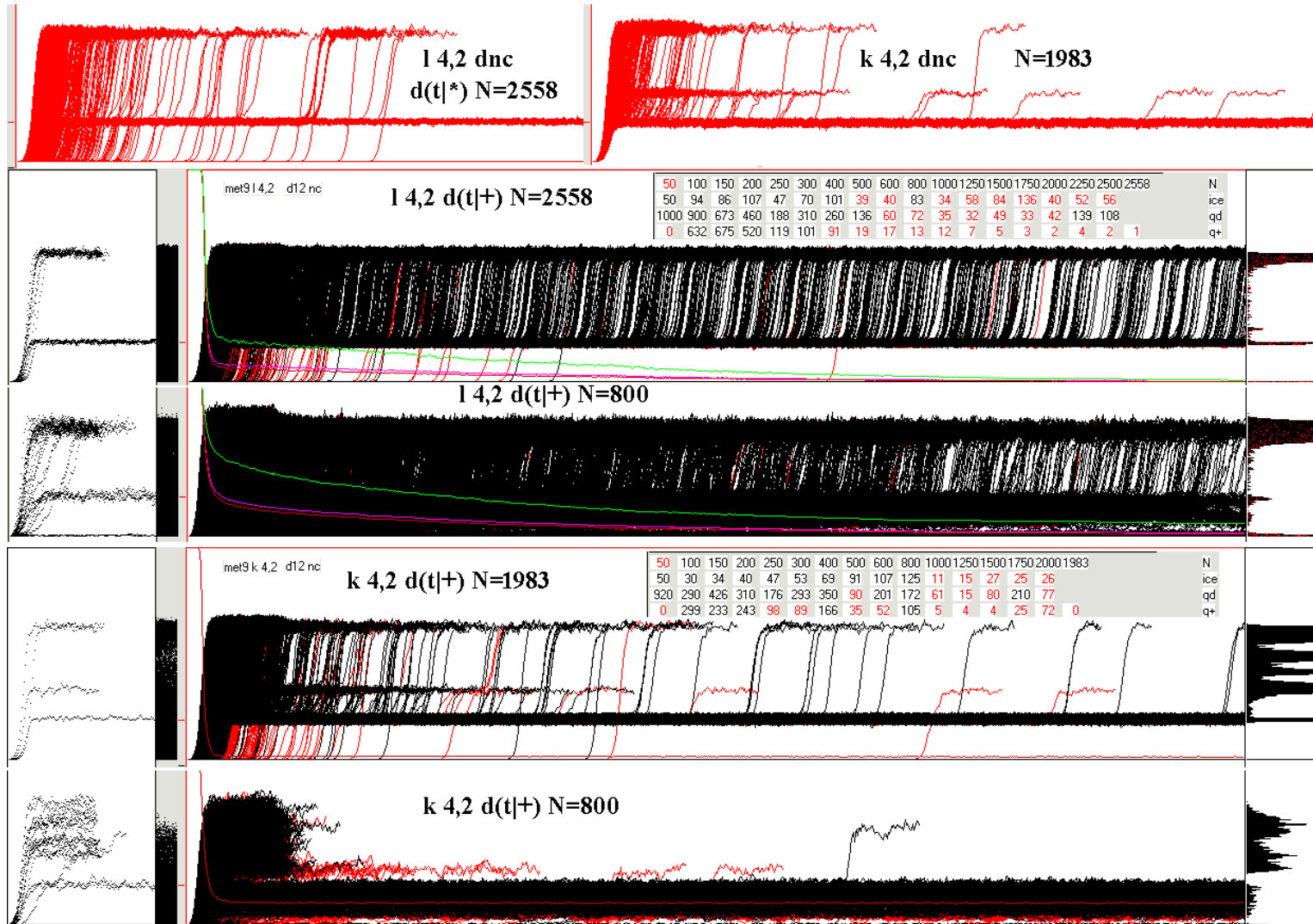
Krokodyle: czerwony $d(t^*)$ i czarny $d(t+)$ z poziomami $q(t)\pm$. Obecność półchaosu to $q(t)$ na zauważalnym, stabilnym poziomie na znacznym prawym odcinku t. Po lewej zaznaczone progi oraz $L_{max}=64$. Po prawej występowanie poziomów A3 i L3. Histogramy i tabela (patrz rys.14) ważniejszych wielkości w kolejnych etapach wzrostu M:

- ice – liczba zamrożonych nodów,
- $q\pm$ – odpowiednie stopnie porządku,
- blind – liczba ‘ślepych’ nodów,
- n900 (att) – liczba atraktorów >900 progr. A, >700 progr.B i C, (D różnie).
- nPAS – liczba skumulowanych PAS.

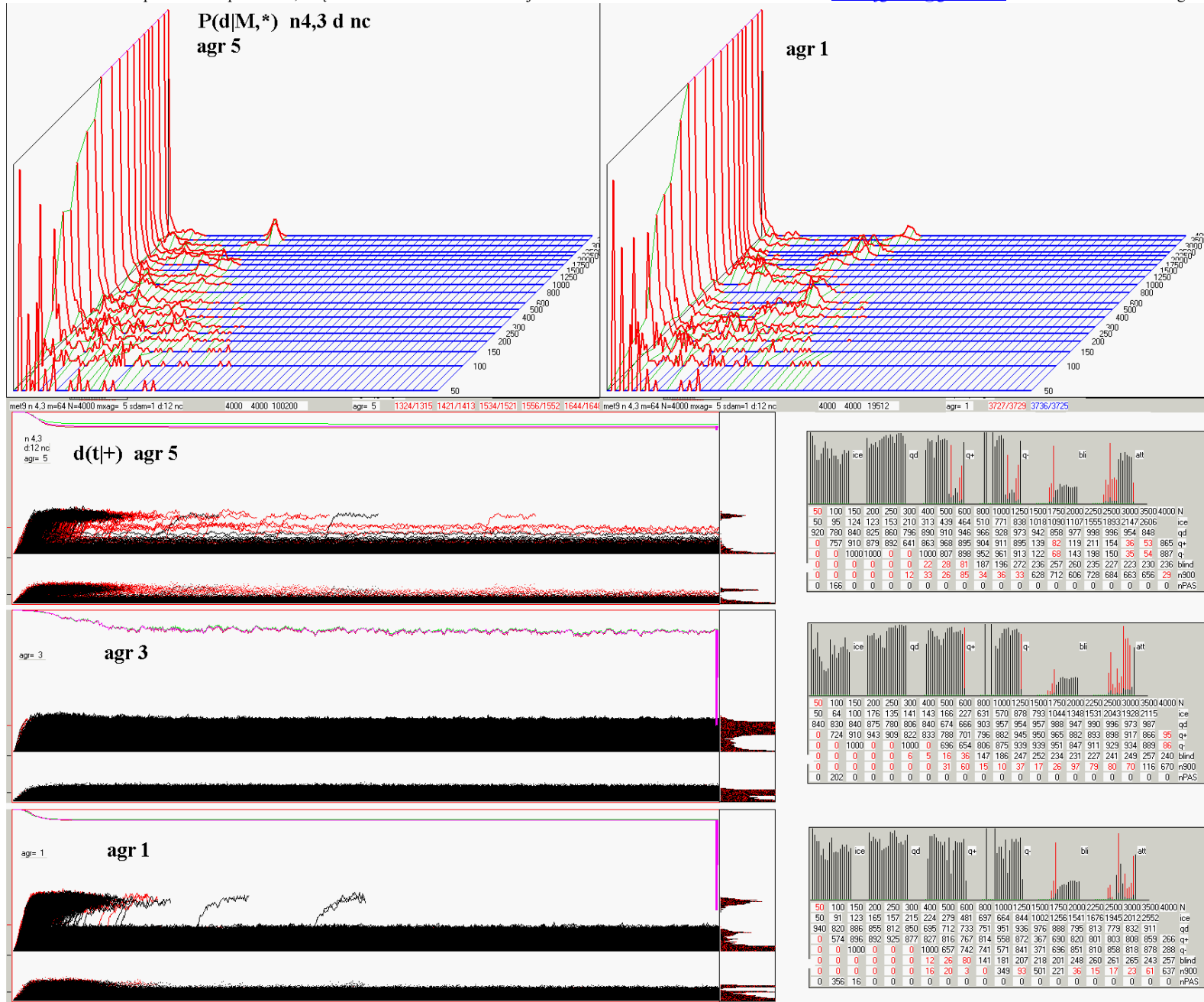
Tu słupki czarne 1000=100 pikseli, **czerwone – skala *10**, czyli 100 pikseli=10 000. Wartości w promiach oprócz ice.

Rys.5.1. Wyniki dla ak oraz al 4,3 d nc . $P(d/L|M,+)$ zsumowane dla 17ak . Ten obraz jest praktycznie identyczny z rys.16 dla 5C al 4,3 L cbL oraz z wynikami dla al 4,3 d nc i L nc.

Kawałek krokodyli $d(t^*)$ oraz $L(t^*)$, gdyz dalsze ich odcinki do tmx są bez zmian, oraz całe krokodyle $d(t+)$ oraz $L(t+)$, jednak w przedział bez zmian wstawiona jest tabela dla oszczędności miejsca. Górny wiersz dla ak, dolny dla al.

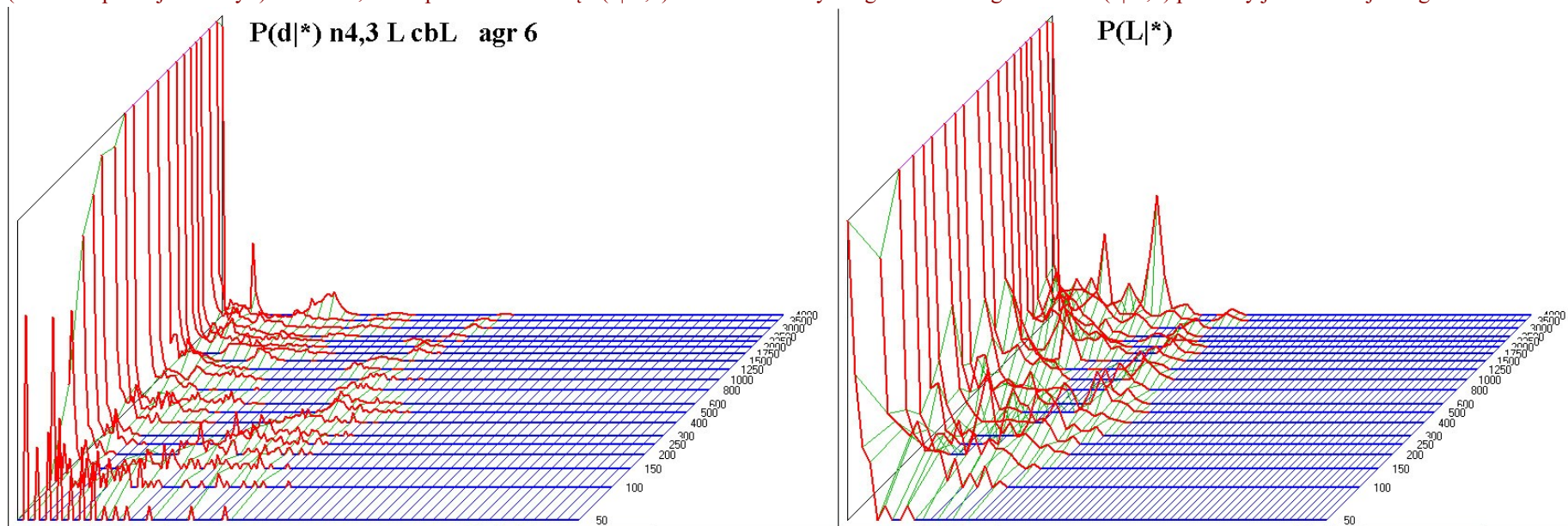


Rys.5.2. Przypadki modułów kończących półchaos sieci al i ak 4,2. Wzrost modułów pod poziomem progu małej zmiany nie podlega kontroli małej zmiany w zakresie modułu, więc tam chaos jest dozwolony i każda zmiana jest akceptowana i kumulowana, jeżeli tylko damage nie wyjdzie poza moduł. Moduł rośnie więc szybciej, niż sieć i wchodzi tak w poziom progu, zajmując już znaczną część sieci. Dalszy jego wzrost powoduje brak akceptacji i wzrost atraktora co jest prawie niemożliwe do ustabilizowania, tj. zmiany chaosu wewnątrz modułu na półchaos. Moduł nie jest w pełni autonomiczny – może być pobudzany z zewnątrz, jak również damage ‘wycieka’ na zewnątrz. Te symulacje wykonane progr. A, w którym powrót pod próg dozwalał dalsze liczenie. Pozwalało to na długie liczenie i oscylacje wokół progu.

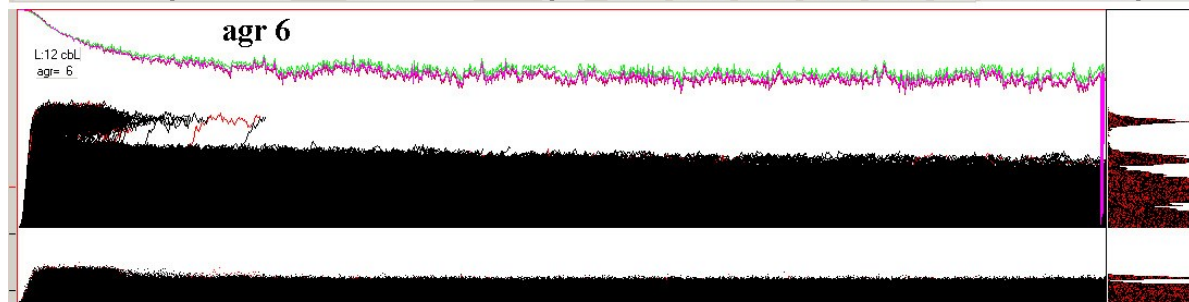


Rys.5.3. Wyniki dla sieci nn i jej odpowiednik bez odejmowania nm są szczególnie silnie półchaotyczne, głównie ze względu na wysoki poziom q, jednak mechanizm tego wyniku jest inny, niż dotąd – tu pomagają prawdopodobnie duże moduły, które dotąd przeskadzały (met8). Obecność kilku modułów powoduje, że damage praktycznie nie ogarnia całej sieci ograniczając się do jednego lub kilku, ale nie na raz wszystkich modułów. W tych warunkach przyjęta wysokość progu bywa nieadekwatnie wysoka, np. w agr 3. Bywają sieci, gdzie d w ogóle nie wystaje ponad próg. To obecnie (faza 1) niepewna interpretacja wstępna, zachęcająca do bliższego badania sieci o zmodyfikowanych regułach wzrostu. Badanie tego problemu podjęte zostało w fazie 2 poprzez obniżenie progu. Wyjaśnienie na bazie nodów ślepych sugeruje wynik dla sieci nm na rys.5.5.

Moduły widać jako systematyczne grzbiety oddalające się od lewego piku, czyli rosnące, lub z prawej na krokodylach. Obecność odmiennych modułów i różnej ich historii powoduje, że zsumowany obraz jest uśredniony i mało daje informacji. Przedstawione zostały więc miarodajne przykłady konkretnych pojedynczych sieci (agr).
 W serii d nc systematycznie utrzymuje się wysoki poziom lodu (rys.18), który w sieciach s? zazwyczaj spada. Moduły widać jako systematyczne grzbiety oddalające się od lewego piku, czyli rosnące, lub z prawej na krokodylach. Obecność odmiennych modułów i różnej ich historii powoduje, że zsumowany obraz jest uśredniony i mało daje informacji. Przedstawione zostały więc miarodajne przykłady konkretnych pojedynczych sieci (agr). Należy zauważyć częste występowanie i znikanie wielkich atraktorów (tabelka z prawej krokodyli). Dla nn 4,3 d nc przedstawione są $P(d|M,*)$ dla dwóch różnych agr 5 i 3. Dla agr 1 obraz $P(d|M,*)$ podobny jest bardziej do agr 5.

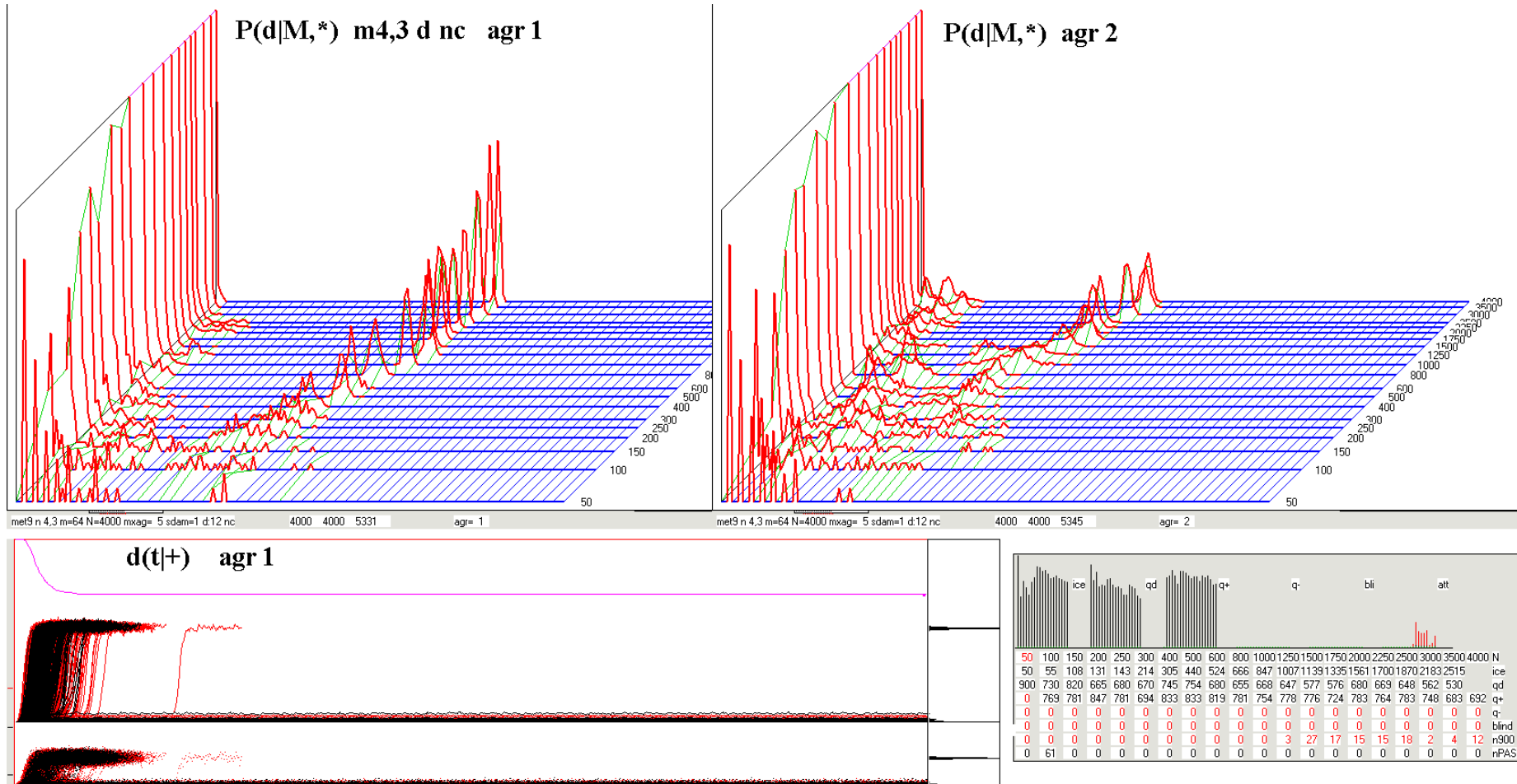


met9 n 4,3 m=64 N=4000 mxag= 10 sdam=1 L:12 cbL 4000 4000 128435 agr= 6 1359/1351 1347/1349 1361/1360 2329/2318 2324/2318 2392/2318 met9 n 4,3 m=64 N=4000 mxag= 10 sdam=1 L:12 cbL 4000 4000 128435 agr= 6 1359/1351 1347/1349 1361/1360 2329/2318



	ice	qd	q+	q-	bl	alt															
50	100	150	200	250	300	400	500	600	800	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	3000	3500	4000	N	
50	93	98	99	106	111	130	129	147	225	213	328	300	262	349	518	500	488	535		ice	
1000	930	820	760	688	710	770	820	845	890	917	929	940	865	924	949	958	908	899		qd	
0	349	359	409	476	568	568	540	463	548	596	611	66	468	451	486	18	36	96	58	q+	
0	0	0	0	0	0	0	688	584	754	784	797	81	604	557	703	28	50	142	90	q-	
0	0	0	0	0	0	0	44	135	163	153	187	200	197	249	228	245	178	144	145	blind	
0	0	0	0	18	22	62	158	256	121	109	148	615	291	334	288	839	767	649	669	n900	
0	370	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	nPAS

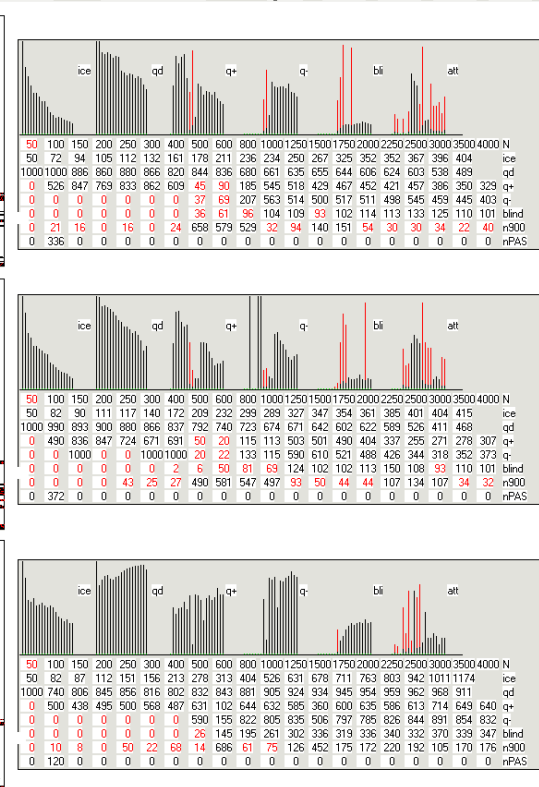
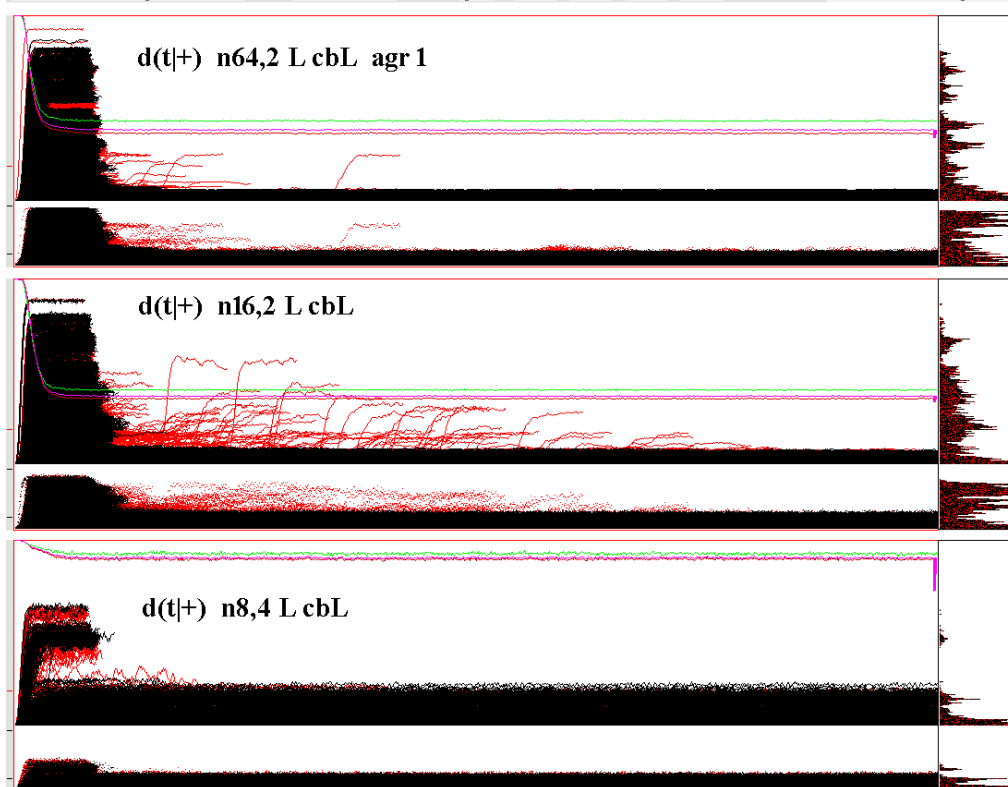
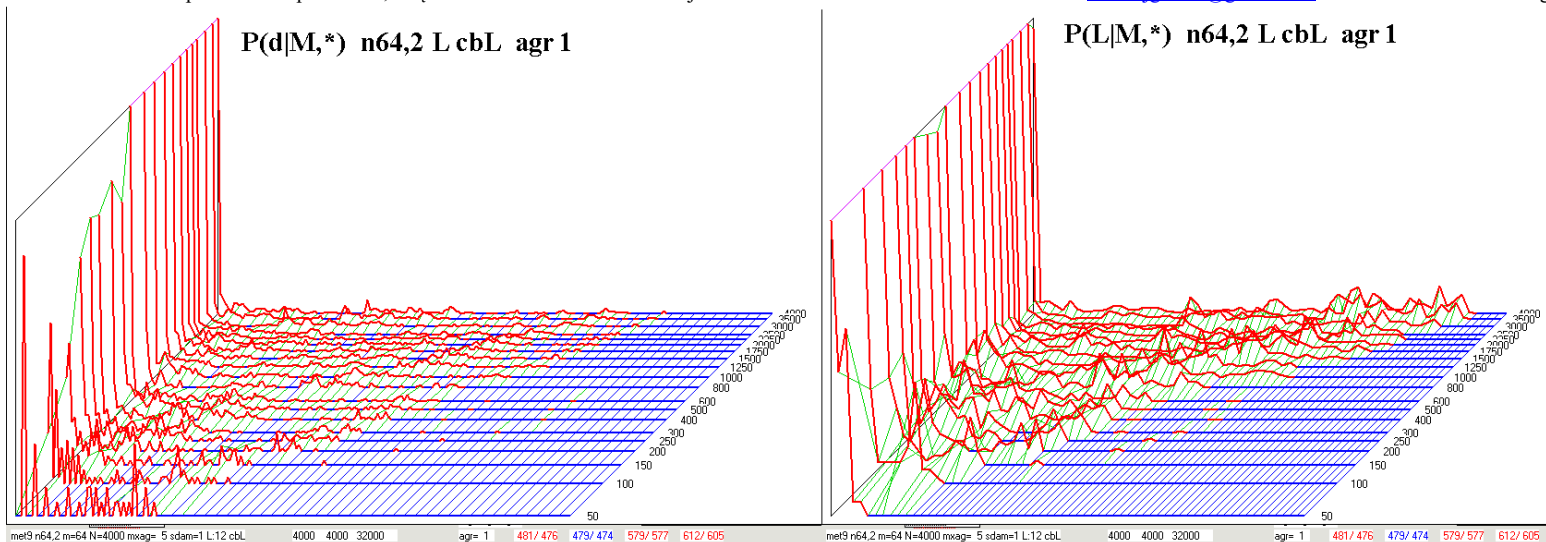
Rys.5.4. Wyniki dla sieci nn 4,3 L cbL. Pokazany jest przykład jedynie dla agr 6, ale po prawej jest $P(L|M,*)$, w którym obraz jest mniej czytelny i dlatego zwykle pomijany. W serii L cbL częściej występuje nieco większe d. Krzywe $q(t)$ w agr 3 i 6 nie są gładkie, tylko oscylują wokół poziomu 'równowagi'. Jest to wynikiem zezwolenia w programie A na dalsze liczenie po powrocie pod próg przed upływem 70 kroków czasu liczenia. W przypadku sieci nn często proces toczy się na poziomie progu co praktycznie nie zdarza się w sieciach a?, a w sieciach s? jest wyjątkiem. Ma to związek z wielkością d po przejściu do chaosu – oprócz sieci nn i nm zwykle są to okolice chaotycznej równowagi Derridy, dużo wyżej niż próg. Przypadki sieci nn, nm, al, ak pokazują, że założenia reguł wzrostu mają silny wpływ na własności sieci w zakresie półchaosu, a w rozdz.9.4 okaże się, że także w problemie tendencji strukturalnych. **Przyjmowanie za ogólnie miarodajne badanie sieci s? okazuje się mało podstawne.**



Rys.5.5. Sieć nm 4,3 d nc wyraźnie częściej sięga wyższych d przez co produkowany przez nią obraz jest bardziej podobny do typowego przypadku z czystym obszarem zatoki. Istotnie mniej rzucają się w oczy efekty modułów, co nieco podkopuje wyjaśniania zachowania sieci nn 4,3 d nc przedstawione wyżej w opisie rys.5.3. Brak odejmowania także likwiduje problem nodów ślepych, które w sieci nn występowały w wyraźnie podwyższonej liczbie. **Specyficzne usytuowanie nodów ślepych mogło być alternatywną przyczyną niskiego poziomu osiąganego przez d.**

Podsumowując główne wnioski z powyższych rysunków symulacji sieci n? należy przede wszystkim sprawdzić co daje urealnienie poziomu progu, czyli jego wyraźne obniżenie. Dopiero bowiem cały badany mechanizm półchaosu może zadziałać, gdy rozróżni on zmiany małe od dużych. Drugą konsekwencją obniżenia poziomu progu może być zmniejszenie wpływu rosnących modułów.

Zaskakujący wpływ drobnych zmian reguł dołączania każe istotnie zwiększyć uwagę na takie ‘niby’ drobne zmiany i ogólnie na adekwatność wybranych reguł do modelowanego zadania. Ten wniosek spójny jest ze wskazaniem na rolę k=1 w regule s?, która także wydaje się mało adekwatna w poszukiwaniu modelu ewolucji biologicznej.



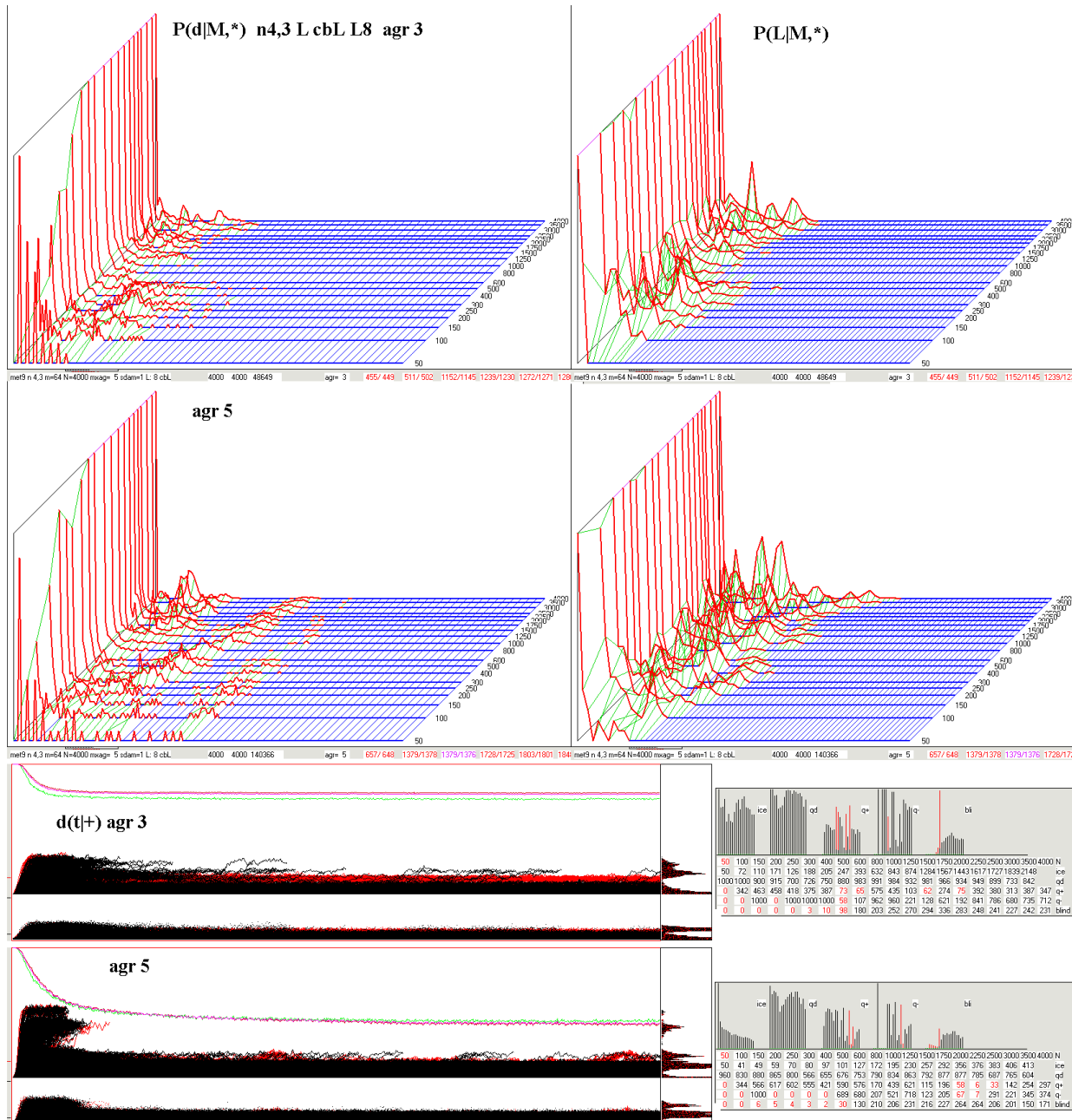
Rys.5.6. Sieci nn L cbL z różnymi s,K=64,2 16,2 8,4.

Kontynuując temat z poprzedniego rysunku, sieci nn z większym K (tu sieć n 8,4) także mają podwyższony poziom nodów ślepych, ale jednocześnie manifestują obecność wielu modułów. Przykłady te są z serii L cbL, tu udział lodu wyraźnie spada podczas wzrostu sieci (patrz tabelki, w nich histogramy po prawej krokodyli).

Krokodyle dla sieci nn i nm na obu rys.5.3-6 dotyczą dodawania, czyli d(t+) i L(t+), jednak duża liczba czerwonych pikseli z krokodyli d(t*) i L(t*) dla wcześniejszego etapu M o N=3500 z którego startuje ostatni etap dodawania pokazywany na rys.5 pozwala porównać oba (dla * i +) te krokodyle. Dodawanie ma zawsze gładki dolny pas, bez eksplozji do chaosu, natomiast badanie stanu otrzymanej struktury wykazuje często takie późne eksplozje, które jednak zanikają sporo przed tmx.

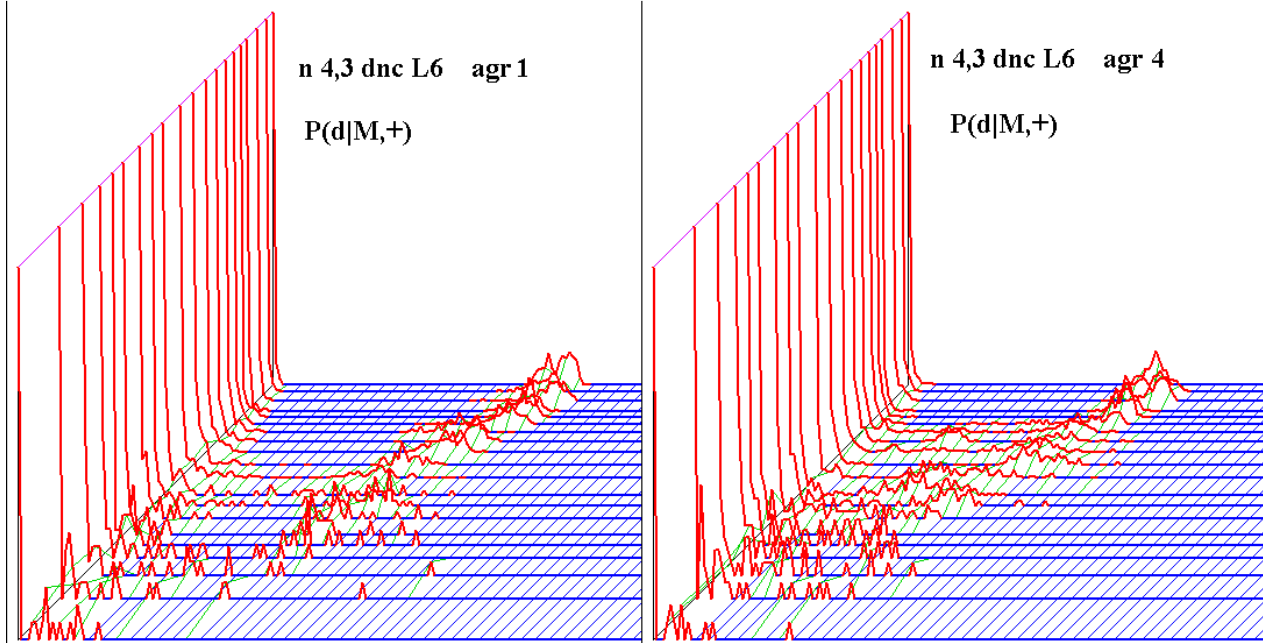
Na czerwonych krokodylach d(t*) nie pokazywany był poziom q, ale w tabeli i na rys.18 widać, że był on wysoki.

9.3.2 Sieci nn z niższym progiem, faza 2.

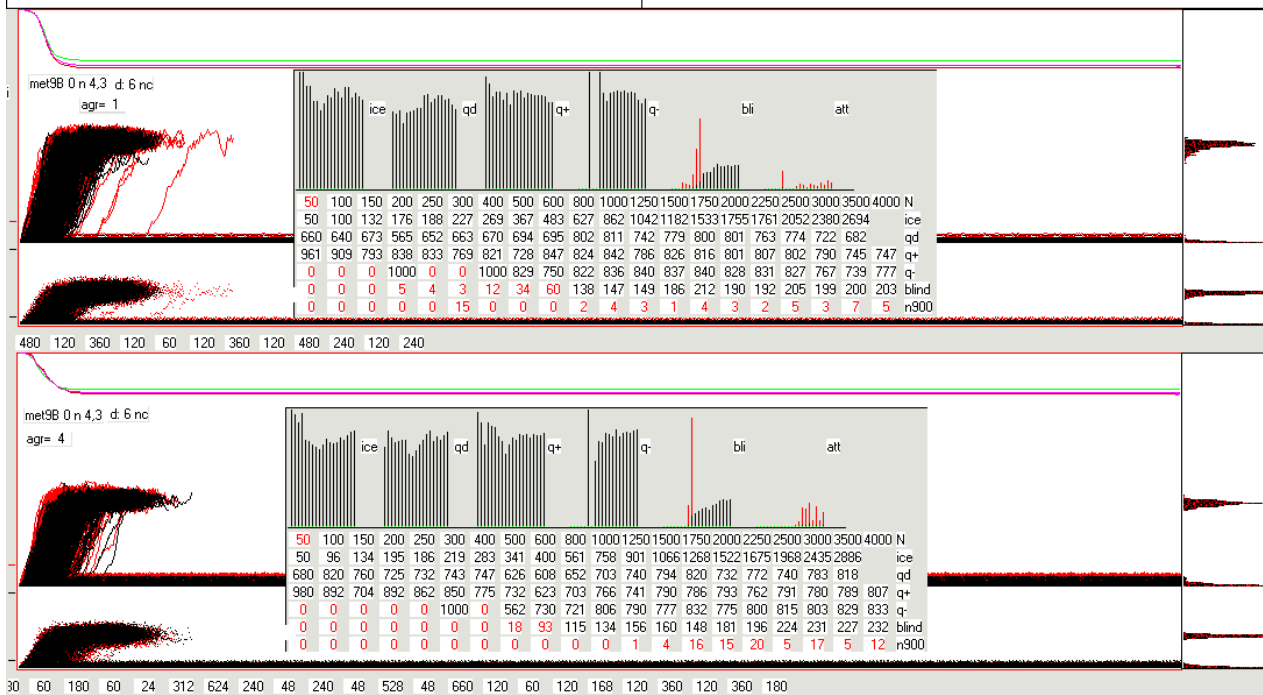


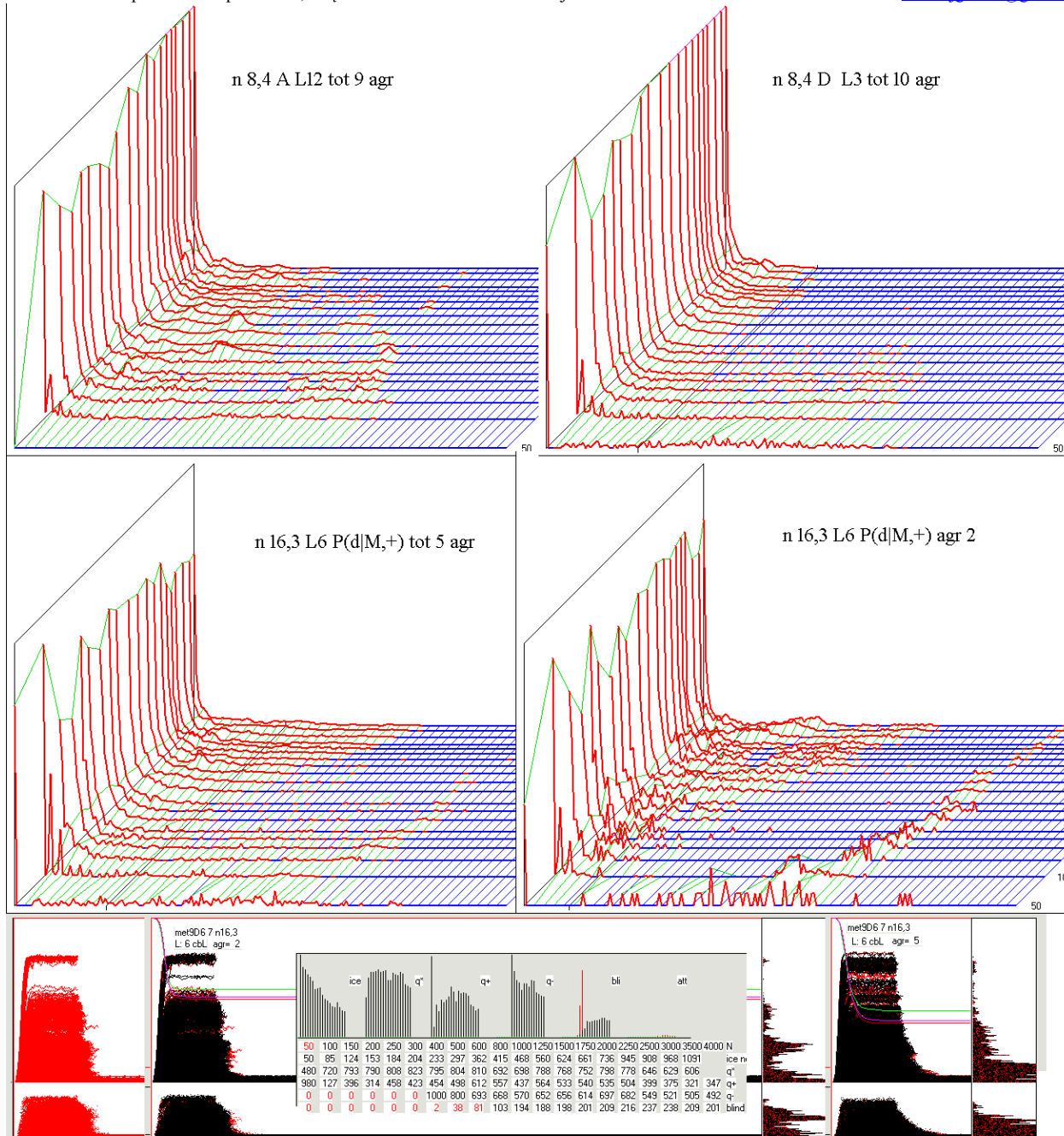
Korzystając z okazji do uzupełnień wykonane zostały także symulacje sieci nn z obniżonym progiem L z 12 do 8,6, a nawet 3, co było sugerowane wynikami opisanymi w rozdz.9.3.1. Mimo zmiany rozdziału, charakter kolejnych rysunków pozostał ten sam, więc kontynuowana jest numeracja w ramach rys.5.

Rys.5.7. Sieć n 4,3 L cbL z niższym progiem L =8 symulowana jeszcze programem A. Jak wszystkie wyniki symulacji sieci n? przedstawiana w typowych przykładach konkretnych agregatów. Należy porównać te wyniki do przedstawionych na rys.5.4. Niestety, nie widać tu istotnych zmian. Symulacja wykonana była dla celów tendencji strukturalnych na względnie wczesnym etapie badań, patrz rys.9.7. Ostudziło to nadzieje związane z sieciami n?. Powrót do badań tych sieci nastąpił w rozdz.9.3 w aspekcie obecności półchaosu i czułości tego problemu na regułę wzrostu, co wynikało z problemu k=1 w regule sieci s?. Uzyskany wynik sugerował, że obniżenie progu było zbyt znikome, w obecnej fazie 2 obniżony został więc bardziej, nadal jednak badania miały głównie na celu tendencje strukturalne, więc warunek L cbL, który dla aspektu obecności półchaosu wprowadza dodatkowe, zbędne czynniki.



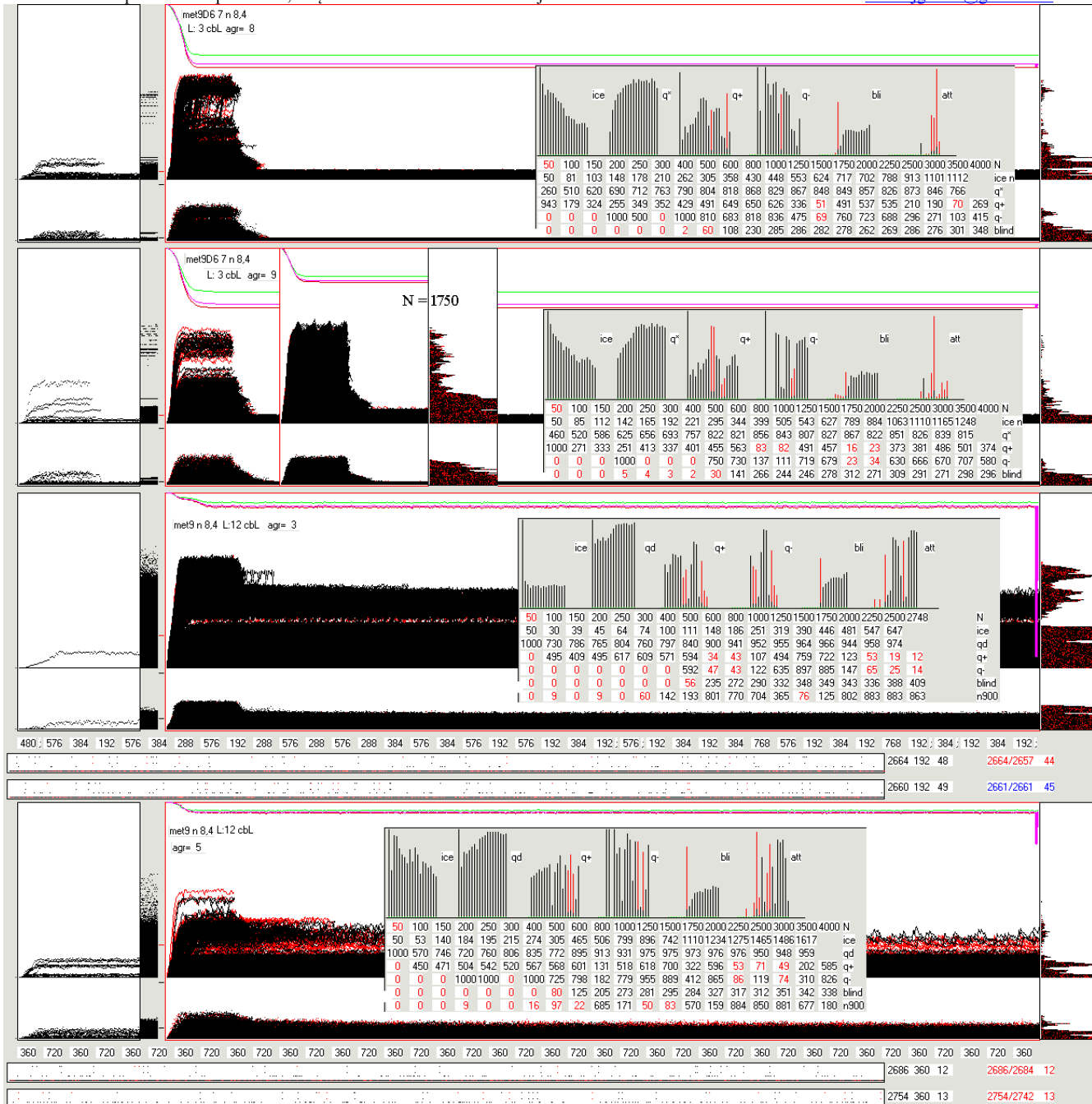
Rys.5.8. Sieć n 4,3 dnc L6. Program B ale bez startu z braku sprzężeń zwrotnych, więc C. Należy to porównywać do rys.5.3. Statystyka 5 sieci to mało, ale wszystkie są wyraźnie o podwyższonym poziomie maksymalnego d, jak również $P(d|M,+)$ jest bardziej podobne do typowych obrazów dla półchaosu. Wyraźnie przesunięcie progu daje oczekiwane rezultaty. Poniżej krokodydli pokazane są ostatnio akceptowane atraktory – nie są one małe. Późniejszy program D6 ogranicza te atraktory radykalnie do 25. Liczba blind nadal jest duża, ale podobna, więc jednak to nie blind, a poziom progu był zasadniczym czynnikiem (patrz rys.5.3). Poziom q nieco spadł, ale obecnie jest wynikiem działania mechanizmów półchaosu – progu małej zmiany, co było wątpliwe przy progu $L=12$.





Rys.5.9. Skutki obniżenia progu dla A n 8,4 cbL z L=12 do L=3 dla D₆ n 8,4 cbL, pokazane na zsumowanych P(d|M,+). Niestety zaznaczona pozycja progu L jest tu w przypadku L=3 będną. Tu statystyka jest już nieco większa i widać, że większe d zostały w ten sposób istotnie ograniczone, ale oprócz zmiany progu wpływ mogą mieć dodatkowe ograniczenia w programie D₆, takie jak zakres atraktora. Czułość obrazu zsumowanego pokazuje niższy wiersz P(D|M,+), gdzie grzbiet największych d agr2 D₆ n 163 cbL L6 pokazany po prawej co prawda jest widoczny po lewej na sumie, ale słabo. Poniżej krokodyle dla agr.2 i 5 D₆ n 163 cbL L6. Widać na nich dużo modułów i choć poziom Derridy jest osiągnięty, to udział tych przypadków jest znikomy. Poziom q jest wysoki, mimo takiego udziału modułów.

Dalsze przykłady krokodyli dla A i D₆ n 8,4 cbL pokazane są na następnym rysunku. Przypominam, że należy oglądać je przynajmniej na powiększeniu 200% z pliku .pdf.



Rys.5.10. Krokodyle A L12 i D6 L3 n 8,4 cbl. Drugi krokodyl przedstawia dwie fazy wzrostu agr 9 – końcową kończącą się na N=4000 i pośrednią po osiągnięciu N=1750. W tej pośredniej występuje szczególnie silne obniżenie poziomu q1+ pokazywanego w tabelce, tu z poziomu 457 do 16 promil. Takie przypadki zdarzają się względnie często, okazuje się, że ich przyczyną jest stan, w którym szczególnie trudno sprostać ograniczeniu atraktora do 25. Program D6 nie pokazuje tego na pasku przyczyn trudności w znalezieniu kumulowalnej zmiany, ale pokazuje ten aspekt program A dla ograniczenia atraktora do 900. Jest to najniższy poziom, ciągły w paskach, które są pokazane pod trzecim i czwartym krokodylem (agr 3 i 5) liczonymi programem A z progim L=12. Nad paskami wynotowane są zaakceptowane atraktory, jak widać, w programie A nie są one małe. Dodatkowe warunki na atraktor powodują, że q1+ jest w programie D6 wyraźnie niższe od osiąganego w programie A. Na rys.18 można porównać q1+ z q2d+ i q2L+ otrzymanych z danych P(d/L|M=19+20,+) (M19 zaczyna się od N=3000, a M20 kończy na N=400), q2 lepiej opisuje aspekt obecności półchaosu, nie zawiera wpływu ograniczeń na atraktor ani kosztu dodawania. Jednak na stan sieci dla określonego N te dodatkowe ograniczenia silnie wpływają.

9.3.3 Sieci zz i zx , faza 2

Wniosek z badania tendencji strukturalnych, że w regule dodawania nodów sieci $s?$ obligatoryjnie występujący $k=1$ wprowadza silne zaburzenie zasłaniając nim efekt poszukiwanych tendencji, skłonił do próby usunięcia tego niewygodnego czynnika o niepewnej adekwatności. Powstała koncepcja sieci $z?$ (zz i zx) w której nod przyłączany ma zawsze $k=2$ dołączane tak jak w sieci $a?$ $K=2$ (ak, al) natomiast dla większych $K>2$ pozostałe wejścia dołączane są według reguł sieci ss . Odejmuwanie w sieci zz pozostaje jak w sieci si , więc $k=1$ i $k=0$ mogą się pojawić, ale w znacznie mniejszych ilościach. Regułę tę przedstawia rys.1 w rozdz.9.1.3. Gdy powstała koncepcja sieci zz , w zasadzie badania i ich opis były już skończone, ale trudno było oprzeć się pokusie zbadania takiej sieci. Jednocześnie istotnym stało się pytanie, czy także ta sieć wykazuje półchaos, gdyż pretenduje ona do najbardziej adekwatnej sieci (z obecnie sformułowanych) opisującej ewolucję biologiczną. Badania tej sieci stanowią fazę 2 – tj. uzupełnienie uzupełnienia Bart (niniejszy rozdział), oraz uzupełnienie badań tendencji strukturalnych algorytmem tmx (rozdz.9.4.5).

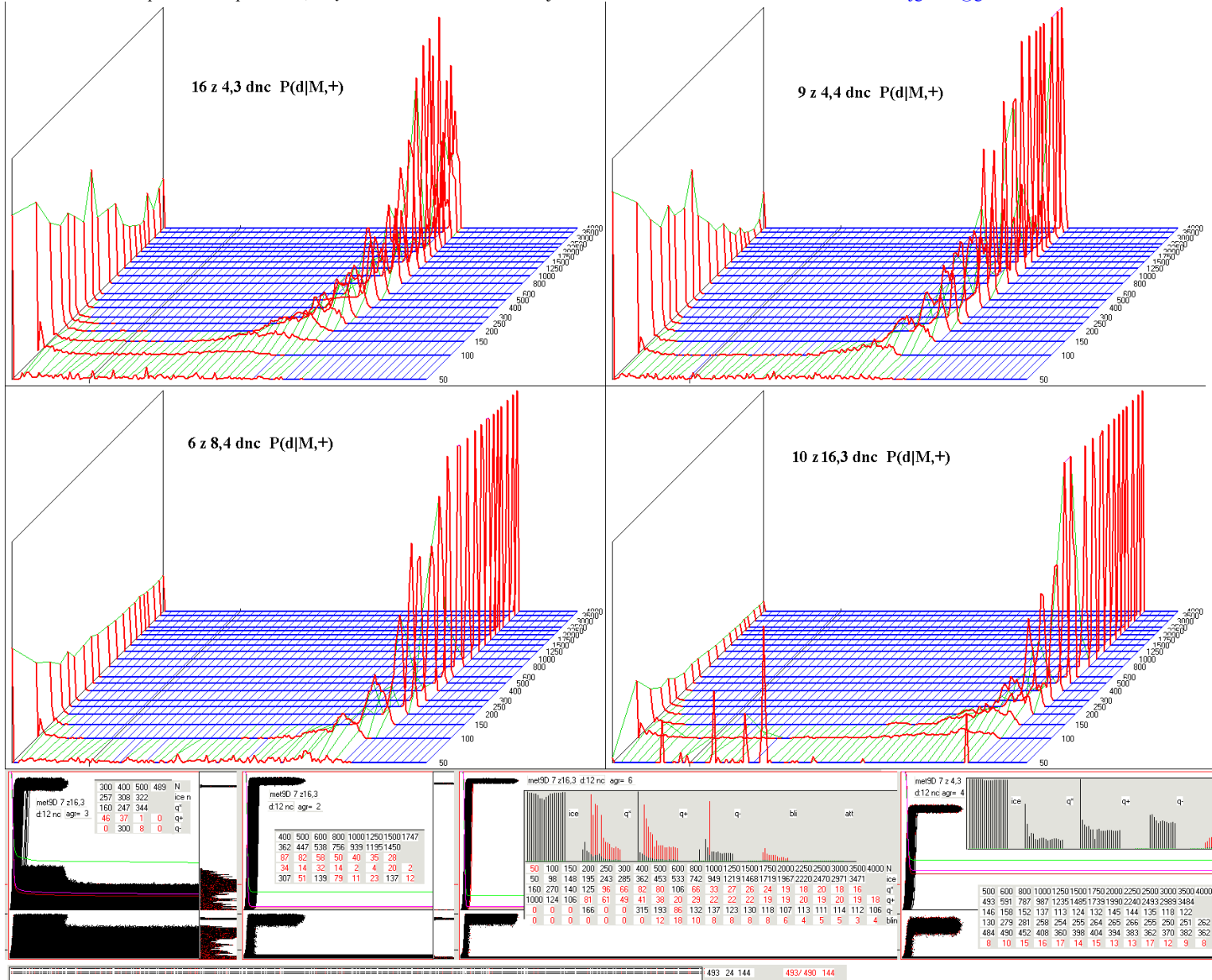
Sieci $z?$ przede wszystkim mają znaczenie dla tendencji strukturalnych, więc początkowo badane były głównie z warunkami L cbL , których symulacje przedstawia tab.2. Dotychczas oprócz sieci al w tej tabeli praktycznie wszystkie symulacje dochodziły do zaplanowanego $N=4000$. Obecnie zarówno sieć al nabrała znaczenia, a nowe sieci $z?$ także miały trudności z dojściem do tej wielkości, więc należało bliżej przyjrzeć się przyczynom tych trudności. Można było je wiązać z początkowym $k=2$ które zastąpiło $k=1$ w sieciach $s?$ bez tego problemu. Podczas analizy kolejnych wyników (patrz rozdz.9.1.4 ‘Spis symulacji fazy 2...’) rzuciła się w oczy obecność kilku radykalnie różnych typów przebiegów. Z takim obrazem mieliśmy już do czynienia w rozdz.8.4.2 (w rep2) gdzie przyczyną były duże moduły. W sieci al takie moduły rzadko są spotykane, ale bywają (rys.5.2), w sieciach $z?$ bywają znacznie częściej. Pojawiają się one zazwyczaj wcześniej, zwykle w zakresie niejasnego obszaru do $N=500$ gdzie reguły wzrostu sieci są odmienne by umożliwić dotarcie do zakresu powyżej $N=500$ o jednolitych regułach i wyraźnie powyżej progu złożoności, który dla sieci otwartych jest znacznie wyżej niż do $met8$ włącznie dla sieci autonomicznych. Skutki modułów w postaci utraty półchaosu pojawiają się później, gdy moduły podrosną i wejdą w poziom progu akceptacji zmiany. Małe moduły, których wzrost nie jest wspomagany tolerowanym wewnątrz chaosem, nie przeszkadzają w osiągnięciu $N=4000$. Sieci bez dużych modułów wygenerowanych na początku mają więc radykalnie inną dynamikę i (prawie) do końca ($N=4000$) wzrostu prezentują zdecydowany półchaos (z czystą ‘zatoką’ na $P(L/d|M,+^*)$). Ten obraz zależności oparty jest m.in. na rys.6.1, gdzie dla ‘programu/warunków’ C i A wyraźnie istnieje zakres $N=1000$ do 2000 kończenia wzrostów wynikający z radykalnego zmniejszenia $q1+$ (100000 prób od ostatniej akceptacji) wywołanego modułami na progu akceptacji. Jednocześnie zdarzają się tu przypadki dojścia do $N=4000$.

Powstaje pytanie, czy na odcinku ‘wstępnym’, jak widać – newralgicznym w tym aspekcie, daje się zmniejszyć szanse na powstanie większych, później groźnych dla ‘sprawy’ modułów? Taka ingerencja ma jednak także skutki interpretacyjne. W opisywanych symulacjach jest więcej takich ingerencji, trzeba jasno określić ich interpretacje. W Bart opisana była metoda stosowana w $met9$, powrotu do wcześniejszego stadium, gdy akceptacje stawały się zbyt rzadkie, tzn. zmienność była praktycznie zablokowana: „zastosowanie tego mechanizmu zmienia wniosek z „zawsze obserwuje się stabilność ewolucyjną” na znacznie słabsze stwierdzenie: „można znaleźć ścieżkę ze stabilnością ewolucyjną”. Dla żywych istot oznacza to samo. Jednak ta metoda okazuje się niewystarczająca i dla większych s, K większość procesów dochodzi do ślepego zaułka, to znaczy – nie znaleziono kolejnej zmiany ewolucyjnej (w ramach półchaosu) i jedynym wyjściem było pogrążenie się w chaosie.” Dla obiektów żywych oznacza to eliminację, ale one się rozmnażają co jest interpretacją takiego powrotu do wcześniejszego stadium.

To co w przypadku ewolucji życia obserwujemy i chcemy wyjaśnić, to możliwość znalezienia ścieżki dużego q . Nie jest ważne, jakimi sposobami, byle dały się zastosować jako mechanizm. Jednym z takich sposobów jest właśnie rozmnażanie tworzące różne ścieżki. Należy więc poszukać takich ‘usprawnień’ z już wykrytych zależności. Ten cel realizowany był w serii D modyfikacji programu. Wpierw na wstępnym odcinku zmniejszony został próg do $L=2$, następnie do $L=1$ i taki pozostał, gdyż dało to rezultaty. Zmniejszony został dopuszczalny atraktor zgodnie z definicją półchaosu. Ilość lodu wydaje się znacząca (główny typ półchaosu oparty na in-ice-modularity), więc jednak przywrócony został start z PAS. Kolejne modyfikacje opisane są w rozdz.9.1.4. Na rys.6, widać skutki tych modyfikacji. Do analizy tendencji strukturalnych należy brać te agregaty, których symulacja była długa, czyli doszła do zadanej wielkości $N=4000$ (lub w pobliżu).

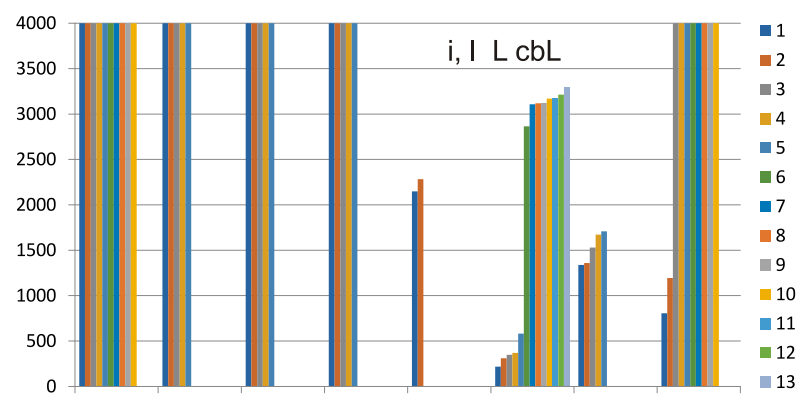
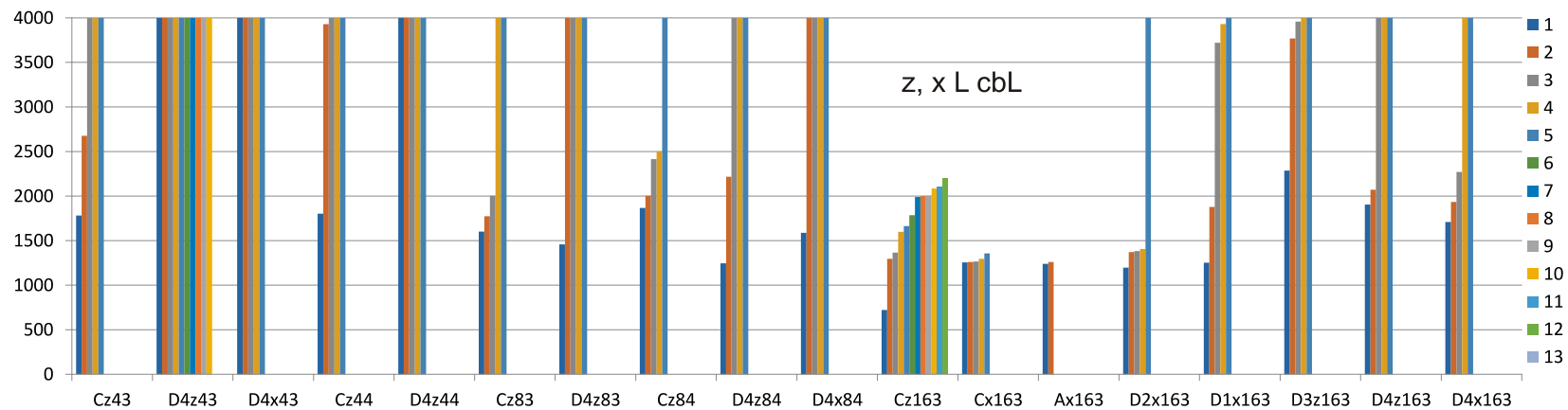
Podział przebiegów symulacji na te dwie kategorie nie wyczerpuje wyraźnych typów przebiegów, dodać tu należy zakończenia przed $N=500$ (rys.6.2 i 3), odbiegające od reszty al $8,3$ L cbL kończące w pobliżu $N=3000$, oraz zachowanie ilości lodu (rys.17.4).

W aspekcie stabilności ewolucyjnej półchaosu, który jest istotny w tym rozdz.9.3, także pojawia się istotna obserwacja – wraz ze wzrostem sieci (N) systematycznie maleje q (rys.17.4). Tu trzeba rozróżnić $q1+$ dla L cbL , gdzie jest sporo dodatkowych warunków i dla d nc , który jest bardziej adekwatny dla problemu półchaosu i jego ewolucyjnej stabilności. Także $q2+$ jest bardziej adekwatne w tym aspekcie. W obu tych przypadkach spadek q jest znacznie wolniejszy, ale jest. Najwolniejszy jest dla $s>4$.

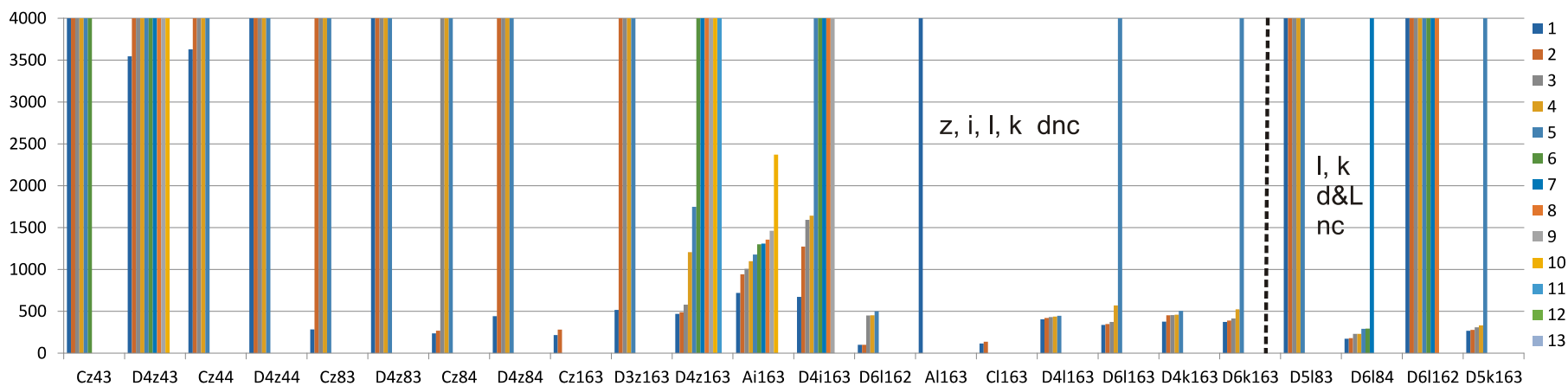


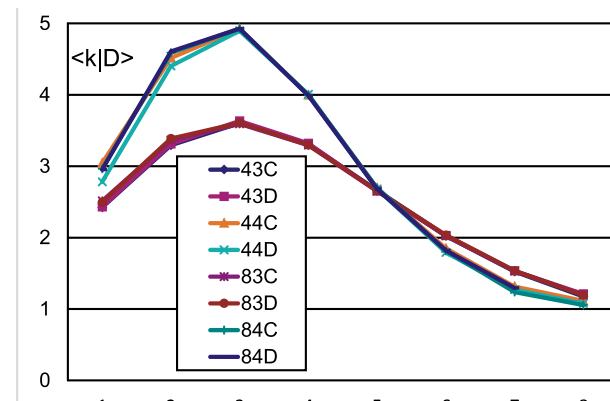
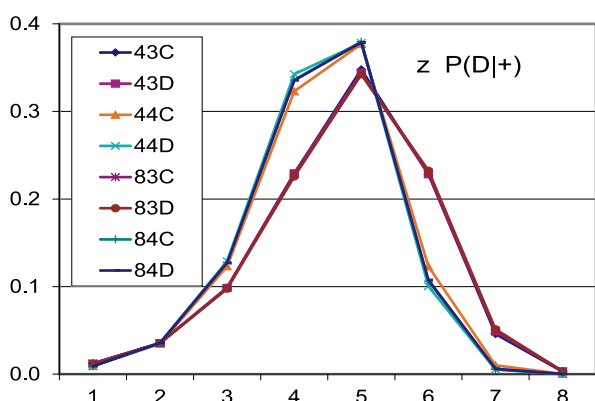
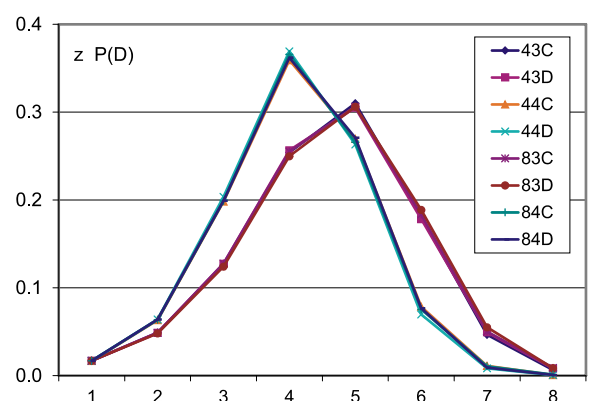
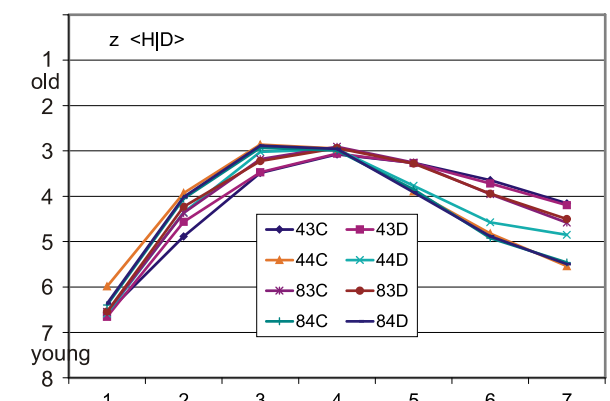
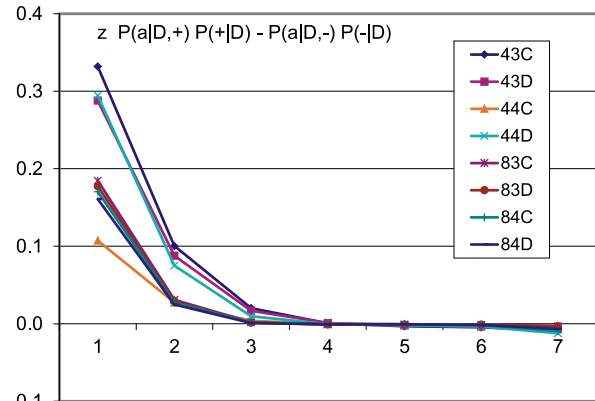
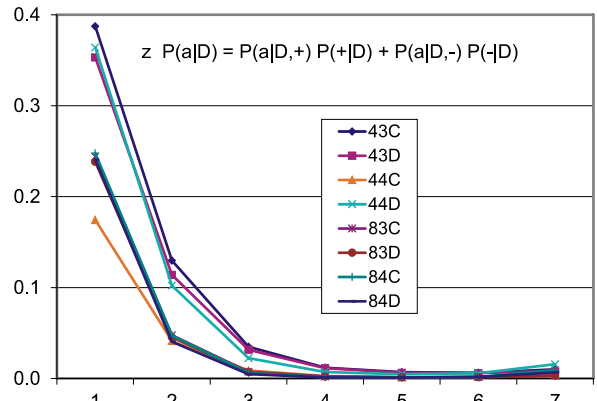
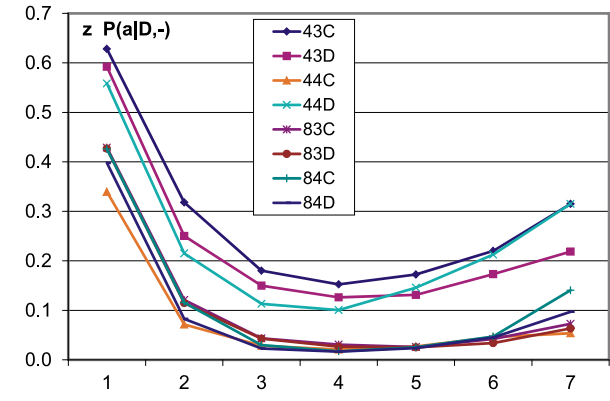
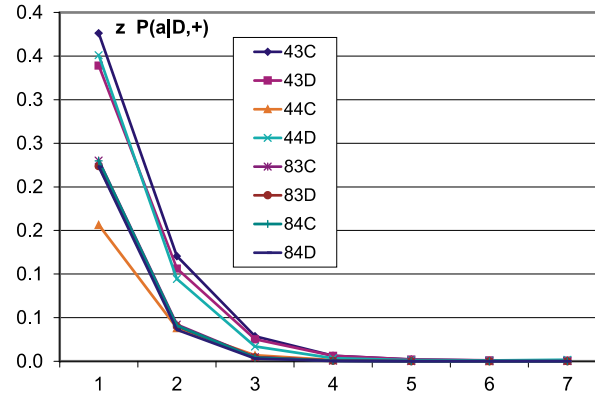
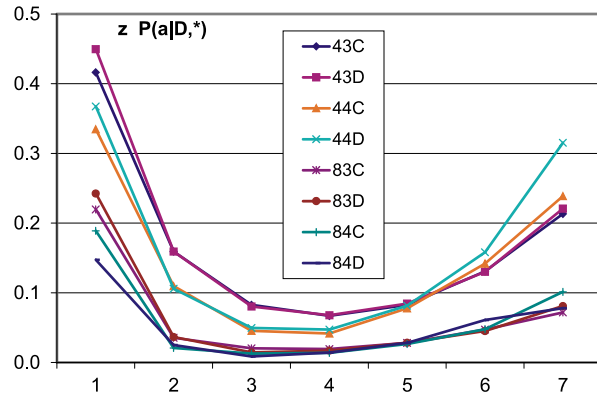
Rys.5.11. Sieci zz dnc.
 Zgodnie z przewidywaniem, podobnie do sieci al, przypadki, które osiągnęły поближе N=4000 tworzą klasyczny obraz półchaosu z czystą 'zatoką'. Pozwala to pokazać obraz zsumowany P(d|M,+). Na dole pokazane są kawałki krokodyli. Ostatnie dwa z nich (z 16,3 oraz z 4,3) to typowy obraz procesu osiągnięcia N=4000 w ostatnim M20. Dwa początkowe agr 3 i 2 z 16,3 nie osiągnęły dużego N: agr3 po osiągnięciu N=520 miał problemy z atraktorem, osiągnął stan, w którym ograniczenie atraktora <700 było zbyt trudne do pokonania. Po 144 cofnięciach do wcześniejszych stanów (pasek na dole) i przeważającej kumulacji odejmowania zmalał do N=489 wyczerpując limit prób. Jak widać, wyjątkowo wystąpił tu moduł, który akurat dorósł do progu (prawie jego środek jest na poziomie progu). Niewątpliwie ten moduł był przyczyną przerwania procesu ewolucji. Natomiast agr 2

osiągnął N=1747. Tu przyczyna przerwania była odwrotna, limit prób wyczerpał warunek by atraktor był >3. Ten rys.5.11 kończy komplet rys.5, który jest rozszerzeniem Bart.fig.9.

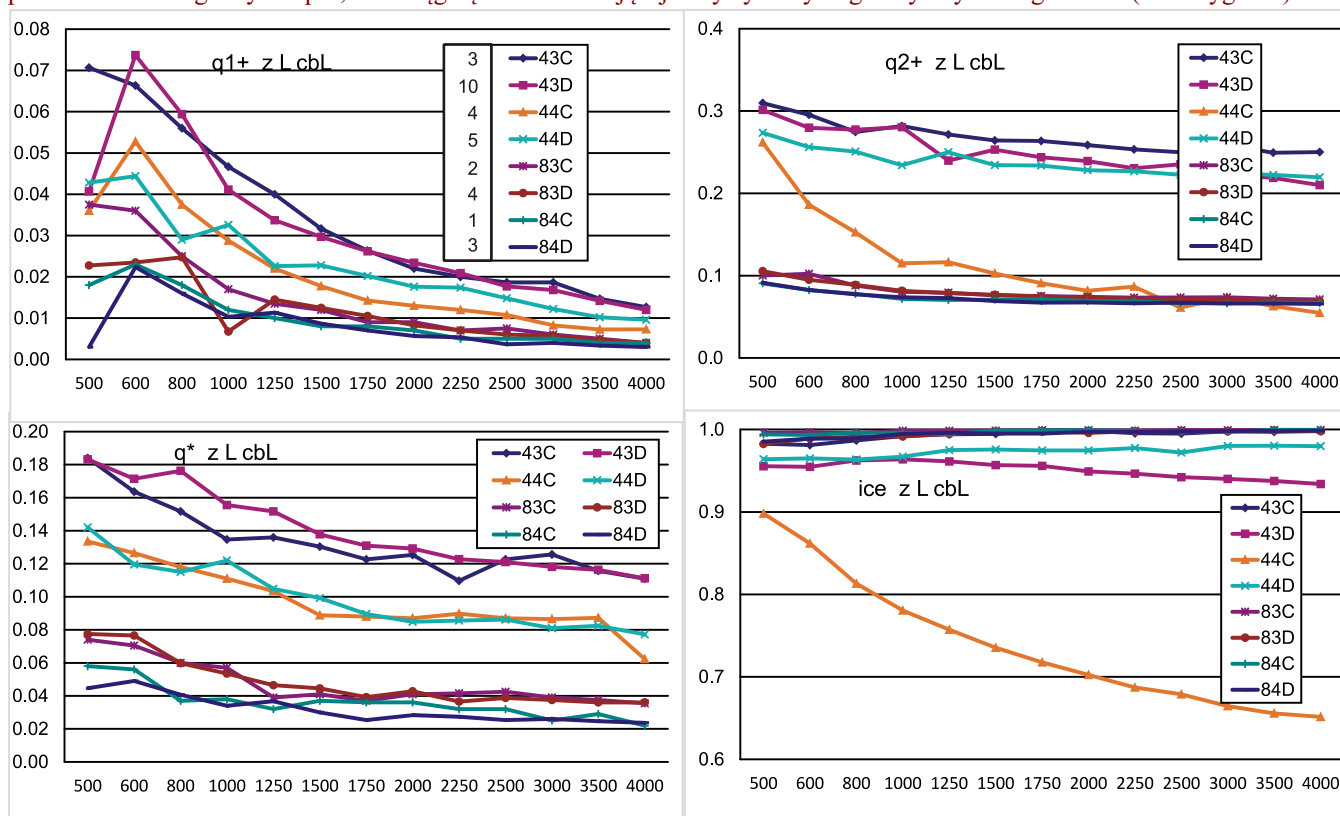


Rys.6. Osiągnięte N w symulacjach głównie fazy 2, uzupełnienia Bart.fig.8.
 Wyniki ułożone są wzrastająco. Elementy porównania programów/warunków A,B,C,D.
1- sieci **zz** i **zx** z warunkiem **L cbL** głównie dla badań tendencji strukturalnych. Osiągnięte N nie tworzy gładkiego rozkładu w badanym zakresie, a występują wyraźnie 2 typy wyników: N w zakresie 1000-2000 i N=4000 lub w bezpośrednim pobliżu. Sieci **zz** i **zx** mają podobne wyniki. Programy **D** wyraźnie dają wyższe N i większy udział typu 'w pobliżu N=4000'.
2- sieci **si** 16,3, **al** 8,3 i 16,2 z warunkiem **L cbL**. Tu dla **al** występuje wyraźna różnica – dla **al** 8,3 osiągnięcie N=4000 wydaje się ograniczone innym mechanizmem, chyba zależnym od **K**, co widać także z innych symulacji. Pojawia się typ kończący się poniżej N=500.
3- warunek **nc** w seriach **d** dla sieci **zz**, **si**, **al**, **ak**, oraz **d&L** dla sieci **al**, **ak**. Sieć **si** 16,3 dnc zachowuje się inaczej niż **L cbL**. Typ kończący się poniżej N=500 pojawia się systematycznie, nie występował dla **z?** **L cbL**. Dla **al** i **ak** oprócz niego osiągnięcie N=4000 jest możliwe, choć rzadkie. **D6** i **D5** jakby dawało większe szanse, ale na takie stwierdzenie statystyka jest za mała.





Rys.7. Wpływ warunków kumulacji w programach C i D4 na rozmaite elementy wyniku symulacji w celu sprawdzenia możliwości zsypania wyników. Uwzględnione symulacje sieci zz L cbL bez 16,3, które osiągnęły N w pobliżu 4000 (tab.2, zaznaczone żółtym tłem w 'Spisie symulacji fazy 2'. Ich liczba jest mała, pokazana obok legendy na q1+, ale osiągnięcie zadowalającej statystyki wymagałoby zbyt dużego czasu (kilku tygodni).



inny stan sieci, bardziej adekwatny do opisu obiektów żywych.

q1+ wyraźnie maleje ze wzrostem (N) sieci co ma istotne znaczenie interpretacyjne w aspekcie stabilności ewolucyjnej półchaosu. Nie było tego widać w badaniach met4-8.

q2+, widoczne na wykresach $P(d/L|M,+)$, maleje wolniej, zauważalnie dla $s=4$ a prawie stabilizuje się dla $s=8$.

q* nie ma kumulacji i akceptacja oparta jest tu jedynie o wskazany próg d lub L. Tu także obserwuje się powolny spadek z N, jednak nieco szybszy niż w q2+.

Pierwsza część rys (na poprzedniej stronie) dotyczy tendencji i związanego z nimi rozkładu głębokości D. Wyniki z zakresu ostatnich dwóch M, tj. 3000-4000, tak jak na rys.8-12. Na tej stronie zakres uważany za już ustabilizowany po wstępnym do 450 w innych uwarunkowaniach, jednak, jak widać głównie dla q1+, dostateczna stabilność formuje się dopiero od N=600.

Widać drobne systematyczne różnice, ale ogólnie można takie dopuścić. W przypadku sieci zz 4,4 C odstępstwo jest jednak duże. Po usunięciu obu zaznaczonych na czerwono z powodu mniejszego lodu w 'Spisie symulacji fazy 2', wyniki zz 4,4 C zadowalająco upodobniły się do zz 4,4 D. Stąd wniosek: **istnieje drugi typ przebiegu symulacji** w ramach osiągających $N=4000$ i bez modułów. Wystąpi on także w zz 4,3 D, co dało widoczny efekt w nieco niższym lodzie, ale tu jest to 1 agregat na 10. Typ ten prawie nie różni się w zakresie wyników tendencji, czyli można przyjąć prostsze kryterium sumowania oparte jedynie na osiągnięciu poblizu $N=4000$.

Wpływ innych warunków kumulacji niż tylko próg L lub d widoczny jest najsilniej w różnicy obrazu q1+ (realny, z tabelki dynamicznej uwzględniający warunki na atraktor i koszty dodawania) i q2+ obliczonego z $P(L/d|M,+)$ przez zsumowanie przypadków pod progiem. Jak widać dodatkowe warunki wycinają z 'akceptowalnych' na podstawie progu znaczną część przypadków pozostawiając do kumulacji małą część. **Tworzy to jednak**

9.4 Wyniki symulacji tendencji w met9

Przedstawiane wyniki otrzymywane były na przestrzeni lat 2017-2023. Charakter niniejszego raportu nie wymaga ponownych pracochłonnych analiz i uzgadniania reguł symboliki, ważne jest wskazanie podstaw otrzymanych wniosków. Dlatego też nie jest korygowana nazwa se (na rysunkach e) na ustaloną w Bart nazwę sh (na rysunkach, h), ani stare oznaczenie 'd' punktowej inicjacji na nowsze '*'. Dla problemu tendencji strukturalnych wpiery ustalono zostało, że w głównych badaniach stosowany będzie warunek kumulacji L (podobny do stosowanego w ggec i ogólnie w alg.rev-ann próg oparty na liczbie zmienionych sygnałów wyjściowych z systemu do środowiska) oraz związany z nim koszt cbL, (także podobny do stosowanego w alg.rev-ann). Wzrost sieci miał osiągnąć N=4000 nodów, został podzielony na coraz większe przedziały/etapy M, interesujące wyniki zbierane były z dwóch ostatnich etapów wzrostu (po 500 nodów, jeżeli proces dotarł do N=4000). Podstawę tej decyzji pokazuje rys.8, a wyniki głównie rys.9 i rys.10. W międzyczasie wykonane zostały badania dotyczące półchaosu opublikowane w Bart i zgromadzone zostały przy tym spore dane bez kosztu (nc). Zostały one wykorzystane do analizy występowania tendencji z warunkami kumulacji d (jak w met4-8 – próg damage oparty na wewnętrznej mierze liczby odmiennych stanów nodów) oraz L z brakiem kosztu – nc (rys.10). Wnioski zamieszczone są w opisach do tych wyników.

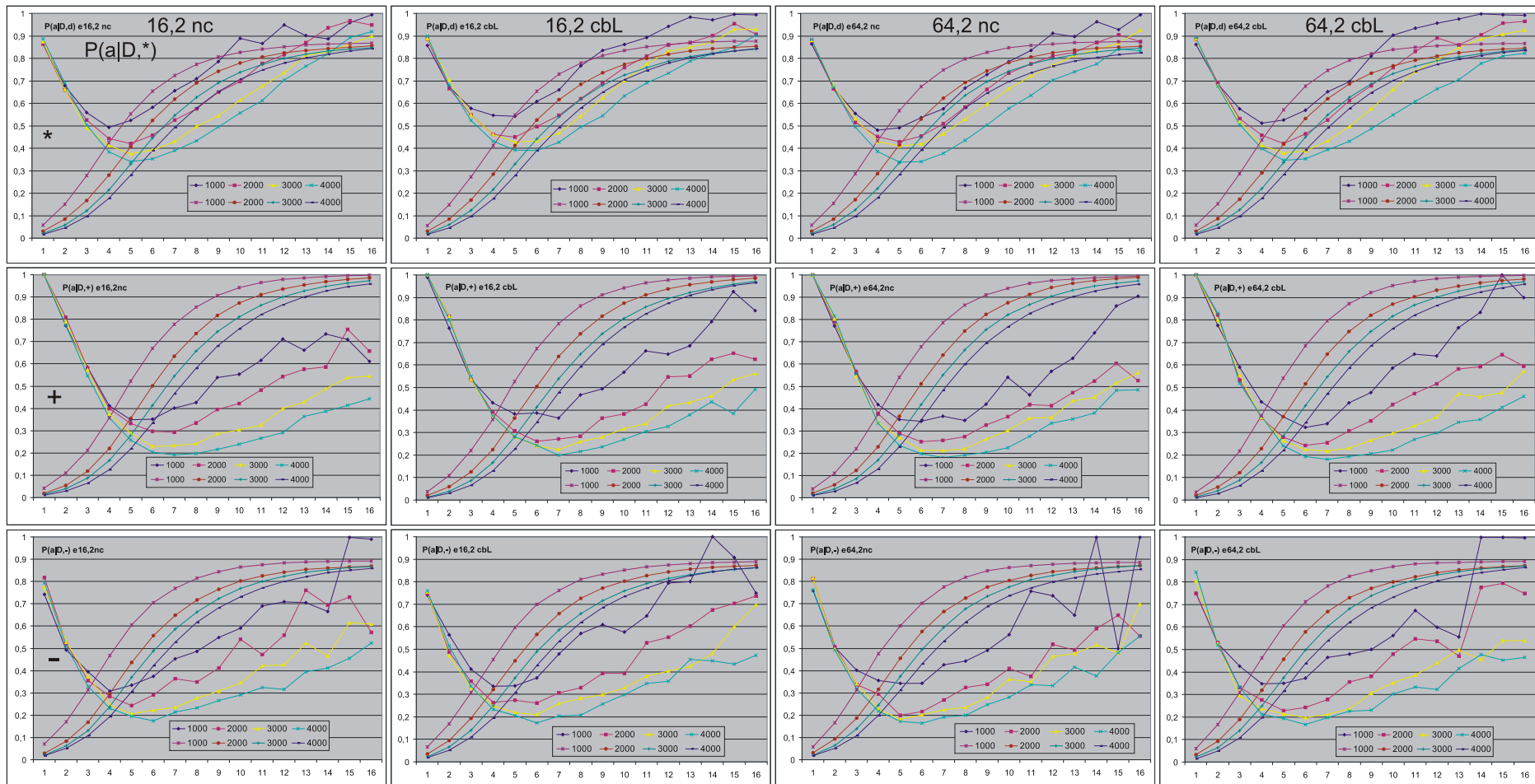
Pod koniec 2022 roku badania i ich opis były już praktycznie zakończone i wtedy pojawił się pomysł rozwiązania wskazanego tymi badaniami problemu 'k=1' w regule bardziej adekwatnych (wydawało się) sieci s? w postaci sieci zz pośredniej między al a sh i si. Badania (a przede wszystkim opis) sieci z? (zz z odejmowaniem i zx bez odejmowania) wraz z uzupełnieniem badania sieci n? ze zmniejszonym progiem stanowią fazę 2, co pozwoliło uniknąć pracochłonnych i czasochłonnych rekonstrukcji całego niniejszego Raportu. Faza 2 opisana została w dodatkowych rozdziałach z podaniem tego w ich tytule.

9.4.1 Wyniki P(a|D...) met9 (algorytm tmx)

W (prawie) wszystkich tych symulacjach tmx=1000, stosowany był program A jeżeli nie jest wskazany, wyjątkowo program B (według nazewnictwa z Bart) i C (tj.B bez początkowego odcinka 50 nodów bez sprzężeń zwrotnych, patrz tab.2). Próg wynosił L=12 co daje dynamiczny próg $A3=N*12/64$ dla warunku kumulacji d. Jednak brak jest tak wyraźnych jak w ggec efektów warunku kosztu w przeprowadzonych tu symulacjach (z progiem L=12) z kosztem cbL zbliżonym do kosztu stosowanego w ggec. Można było podejrzewać, że warunek małej zmiany stosowany w badaniach nad półchaosem jest znacznie słabszy od warunku adaptacji stosowanego w alg.rev-ann, i to jest przyczyną tej rozbieżności. Sprawdzone więc dodatkowo efekt dla progu L=1 (rozdz.9.4.2, rys.10 i 11) (w tabelce 2 opisany przez L1 za wskazaniem programu B lub C). Należy tu pamiętać, że kumulacja opiera się na L3 – średnim L1 liczonym na ostatnich 50 krokach, a cbL ma dodatkowe ograniczenia. W programie A dozwolony był powrót pod próg, co dozwalało na chwilowe L1>progu dla akceptowanych i kumulowanych zmian.

Podstawowymi wynikami są tu $P(a|D, *+-)$ oraz $P(a|D) = P(a|D,+)P(+|D) + P(a|D,-)P(-|D)$ i $P(a|D,+)P(+|D) - P(a|D,-)P(-|D)$ dla sieci se, si, al. Aby je dobrze zinterpretować przydatne są P(D), P(D|+-) i podobne, więc są także zamieszczone w kompletach pokazanych na rys.8-10. Znaczenie/wpływ poszczególnych parametrów symulacji, głównie s,K, typu sieci (także nn, sf, ss, ak), warunku kumulacji (L, d), w tym kosztu (cbL, nc), szczegółów programu (start z PAS lub bez niego, ze wstępnym odcinkiem bez sprzężeń zwrotnych, z powrotem pod próg i bez dozwolenia takiego powrotu) - można ustalić porównując wyniki. Wykonanych było znacznie więcej symulacji rozpoznających wpływ tych elementów, niż zostało tu podane, ich wyniki były bardzo zbliżone lub nieodróżnialne od tu przedstawionych. Podane wyniki także wystarczają na taką ocenę. Jako załącznik do raportu podany jest program w różnych wersjach oraz wiele roboczych.xlsx, można te badania uzupełnić lub zweryfikować.

Raport przygotowany jest do czytania i analizy na ekranie komputera, **wiele rysunków wymaga powiększenia dla uzyskania dostatecznej czytelności**. Obszerne opisy rysunków i tabel (zaznaczone kolorem) nie są powtarzane w tekście, stanowią podstawową część Raportu.

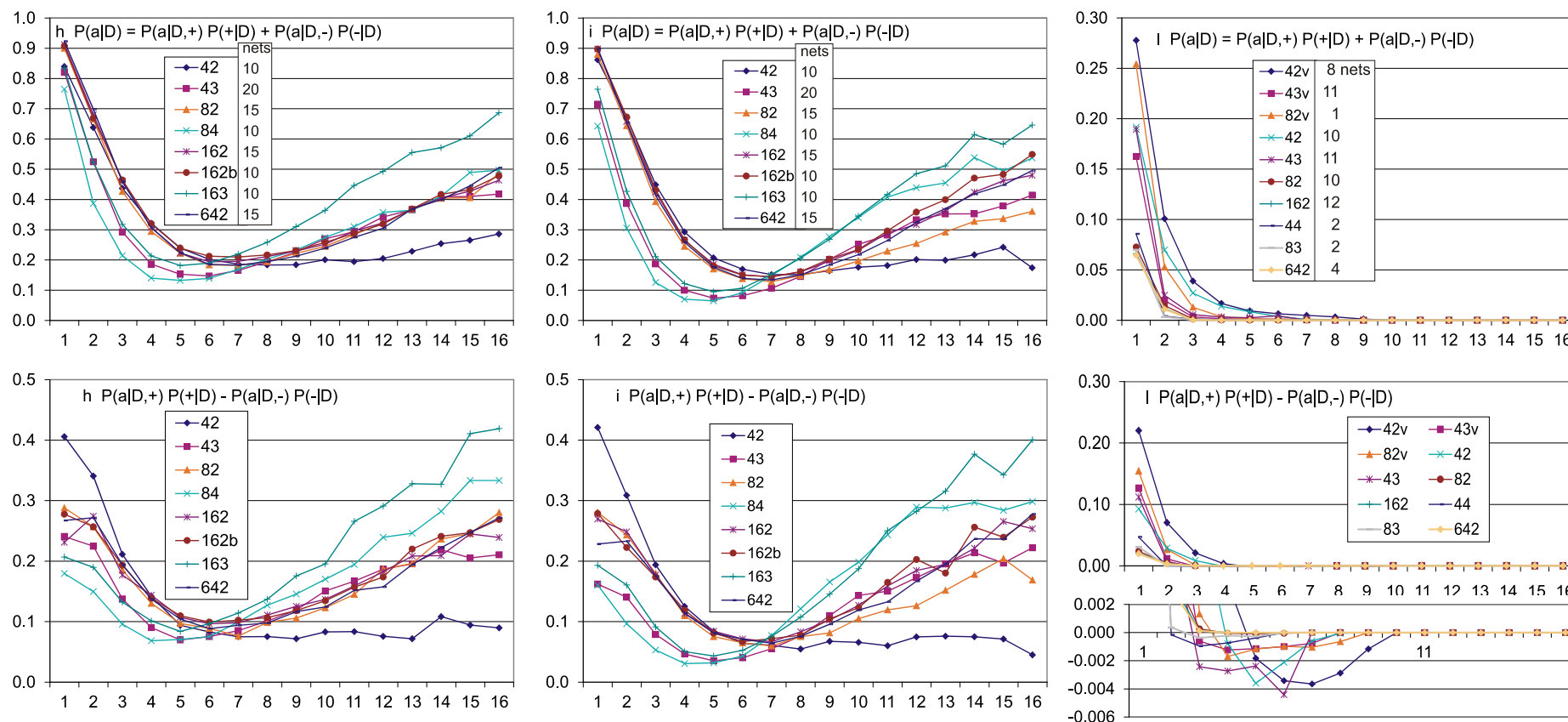


Rys.8. Porównanie $P(a|D,*)$ dla sieci se 16,2 oraz se 64,2 bez kosztów – nc, i z kosztami cbL, dla $N=1000, 2000, 3000, 4000$; ze wskazaniem udziału zakresu D, czyli udziału przypadków z D równym i mniejszym, co pozwala ocenić znaczenie wskazywanej tendencji. Wraz z N, minimum pogłębia się i przesuwa w prawo, szybciej dla 16,2, ale też udział przypadków na odcinku malejącym spada, więc tendencja ogólnie nieco słabnie. Dla najważniejszego tu dodawania jest ona najsilniejsza, ale to lepiej pokazuje rys.9.3. Najważniejszym wnioskiem z tego zobrazowania jest praktyczny brak różnicy wynikłej z obecności kosztów cbL, co wyraźnie różni obecny, dokładniejszy algorytm tmx od starego rev-ann. Dokładniejsza, późniejsza analiza przyczyn tej zaskakującej różnicy będzie dalej dyskutowana w rozdz.9.4.2. Dla pokazanych tu se 16,2 i 64,2, jak i innych sieci oprócz al, charakter zależności od N jest praktycznie jednakowy. Opisy na górze dla kolumn i z lewej dla wierszy. Jak widać, szczegóły na tym rysunku należy oglądać w powiększeniu (na pliku pdf).

Poniżej znajdują się 2 podobne serie rysunków **rys.9** i **rys.10**, wyjątkowo wspólny opis serii znajduje się przed pierwszym elementem serii.

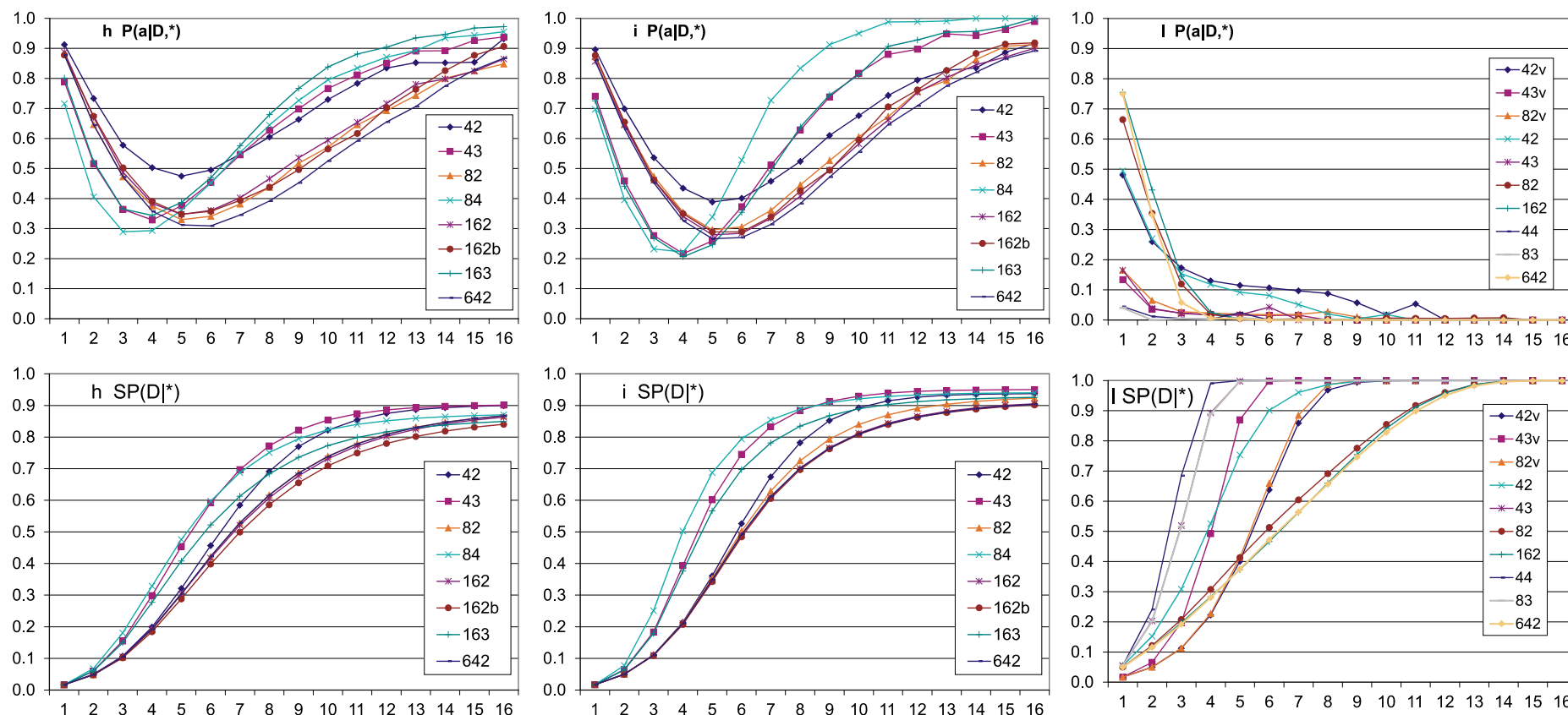
Rys.9. Główne wyniki symulacji podstawowych tendencji strukturalnych. Są to symulacje programem A, warunek kumulacji $L=12$ 'koszt' cbL, (tylko sieć 16,2b jest nc). Start z PAS=50, do $N=4000$ (pokazane są wyniki z odcinka N 3000-4000), $tmx=1000$, z możliwością powrotu pod próg zanim pobyt nad progiem przekroczy 70 kroków, $1 < atraktor < 900$. Dla sieci al 'v' oznacza symulację do $N=4000$, ale to wyjątkowe przypadki, pozostałe pokazują wyniki z odcinka N 800-1250. W górnym rzędzie **rys.9.1**

podana jest liczba symulowanych sieci uwzględniona w **rys.9.1-6** opisujących sieci **sh**, **si**, **al** w kolejnych kolumnach. **Rys.9.7** uzupełnia podobny zestaw informacji dla sieci nn. Jak zwykle nie wyliczam formalnych błędów pomiarowych, gdyż byłyby to wartości absolutnie nieadekwatne. Kryterium pewności wyników jest gładkość uzyskanych 'krzywych' i ich podobieństwo do innych symulacji o zbliżonych parametrach. Wyraźne fluktuacje pojawiają się w zakresie małej statystyki, co można oszacować z $P(D)$ na **rys.9.5**.



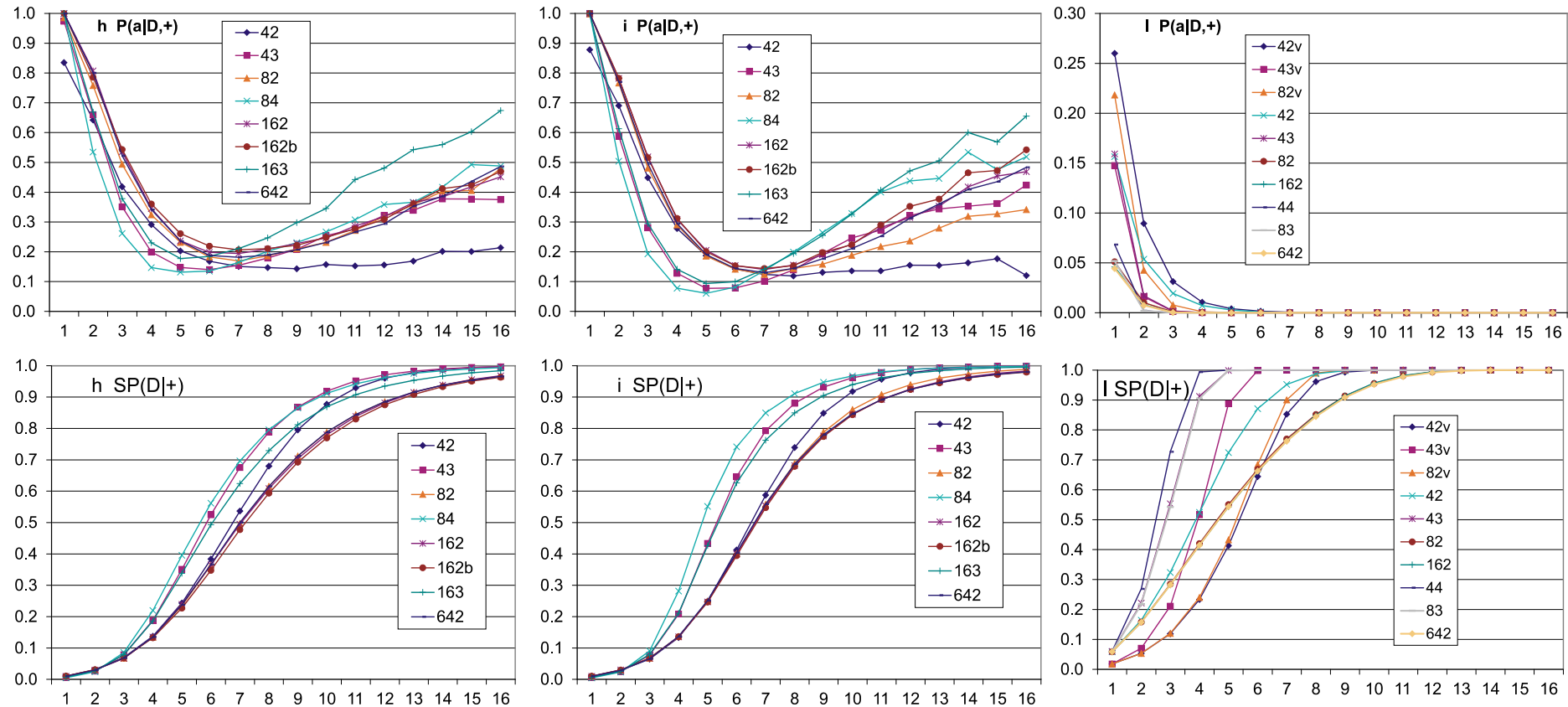
Rys.9.1. Sprawdzenie występowania oczekiwanych tendencji strukturalnych: **zmienności terminalnej** (górny rząd) oraz **terminalnej przewagi dodawania** nad odejmowaniem i **upraszczenia głębszych obszarów** (dolny rząd). W sieciach **sh** oraz **si** z $K=2$ można przyjąć, że tendencja **zmienności terminalnej** w zakresie do $D=7$ zachodzi silnie, a to 50-60% obszaru sieci (patrz dolne rzędy w **rys.9.2-4**), natomiast głębiej (z wyjątkiem dla **sh** 4,2) jest ponad 2 razy słabsza tendencja odwrotna. Brak oczekiwanej tendencji na większych głębokościach wynika z gromadzenia się tam węzłów o $k=1$, co jest wynikiem reguł przyłączania w sieciach 's?', w sieci **al** nie występuje możliwość $k=1$ i tendencja zmienności terminalnej występuje silnie w całej sieci. W sieciach **sh**, **si** zależność od s jest niewielka poza $s=4$, natomiast od K jest wyraźna i dla $K>2$ minimum wyraźnie przesuwa się na mniejsze D a siła oczekiwanych tendencji znacząco spada. W sieci **al** zarówno s jak i K mają wpływ, ale nie na tendencję **zmienności terminalnej**.

Tendencja terminalnej przewagi dodawania nad odejmowaniem ma podobne zależności, jednak jest słabsza. W przypadku sieci **sh** i **si** nie zachodzi upraszczenie na jakiegokolwiek głębokości, ale w sieci **al** takie upraszczenie, choć delikatne, **ma miejsce** (ujemne wartości bilansu) na większych głębokościach. W przypadku obu tendencji istotne znaczenia mają czynniki $P(+|D)$ i $P(-|D)$, szczególnie gdy $P(-|D)$ jest mały około 30% dla **sh** i **si**, a jedynie około 3-1% dla **al**. Taki wynik jest przy takiej zmienności i tak uzyskanej sieci, stosując po 50% jak w początkowych badaniach **aa**, sieci tu badane nie urosły by w ogóle.



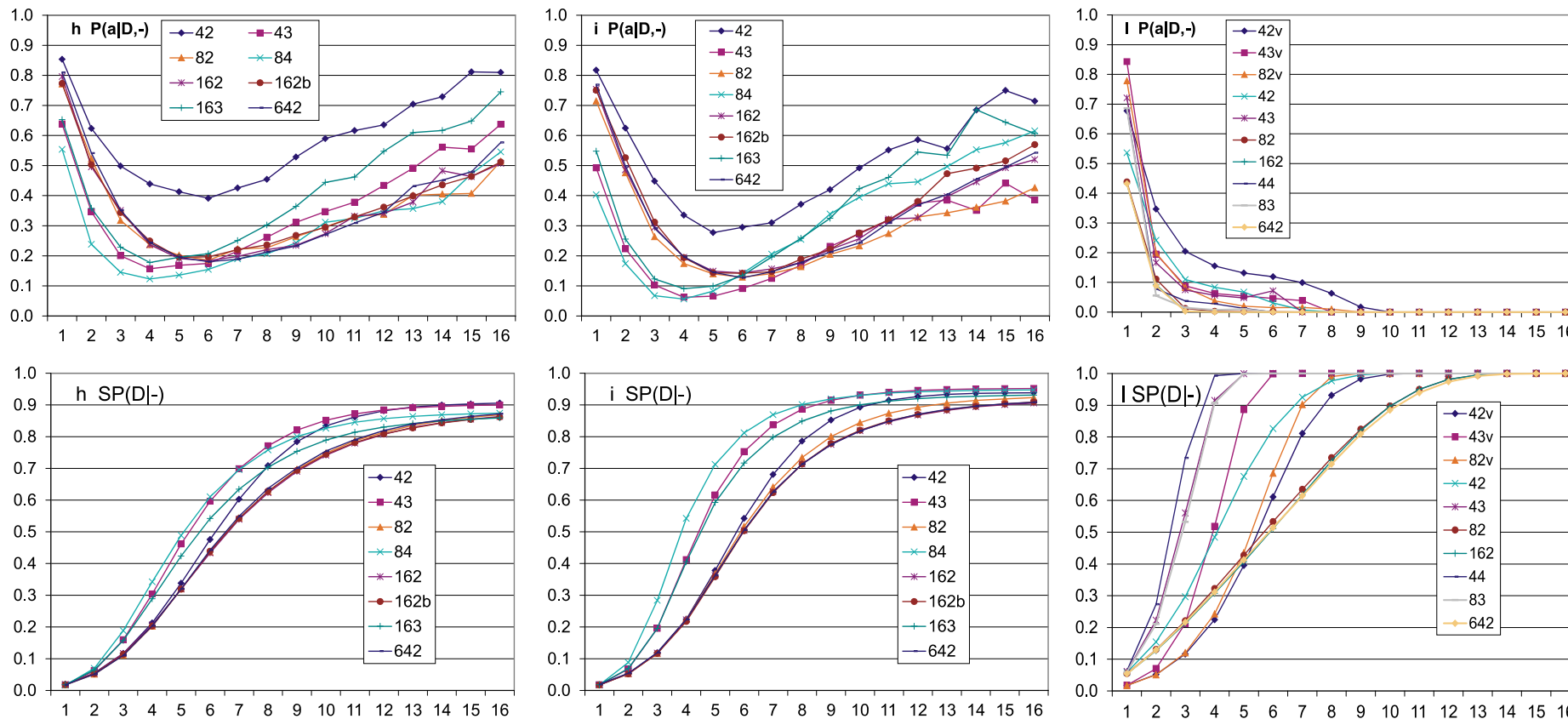
Rys.9.2. Własność powstałej sieci w wyniku kumulowanych zmian dodawania i odejmowania nodów. Przedstawiają je wyniki niekumulowanej inicjacji damage przez punktową zmianę funkcji nodów (tu zmiana taka oznaczona jest przez *), tak, jak to było badane w met4-7. Ten pomiar także można interpretować jako ocenę **zmienności terminalnej** – daje on podobne wnioski, jednak widać wyraźne, choć nie zasadnicze różnice. Przede wszystkim tu tendencja ta jest słabsza a konkurencyjne zjawisko wynikające z uporządkowanego obszaru sieci (patrz rys.11.2) leżącego na większych głębokościach jest silniejsze. Tej konkurencji nie ma w sieci al, przez co tam tendencja jest silna w całej sieci. Wskazuje to na złożoność różnych sprzecznych mechanizmów w bardziej złożonych sieciach sh i si. Mechanizmy te należy rozpoznać i zrozumieć niezależnie od siebie, dlatego sieć al jest do tego szczególnie cenna.

Dolny rząd pokazuje całkę (S) po D z P(D). Jest to przydatne do oceny znaczenia zakresu D w rzędzie górnym. P(D) dla danej sieci jest określone, najlepiej zmierzyć je właśnie w tym eksperymencie, ale dla dodawania i odejmowania dochodzą dodatkowe warunki wyboru wpływające na zaistniałe w tamtych pomiarach P(D+/-) (patrz rys.9.5 i 6).

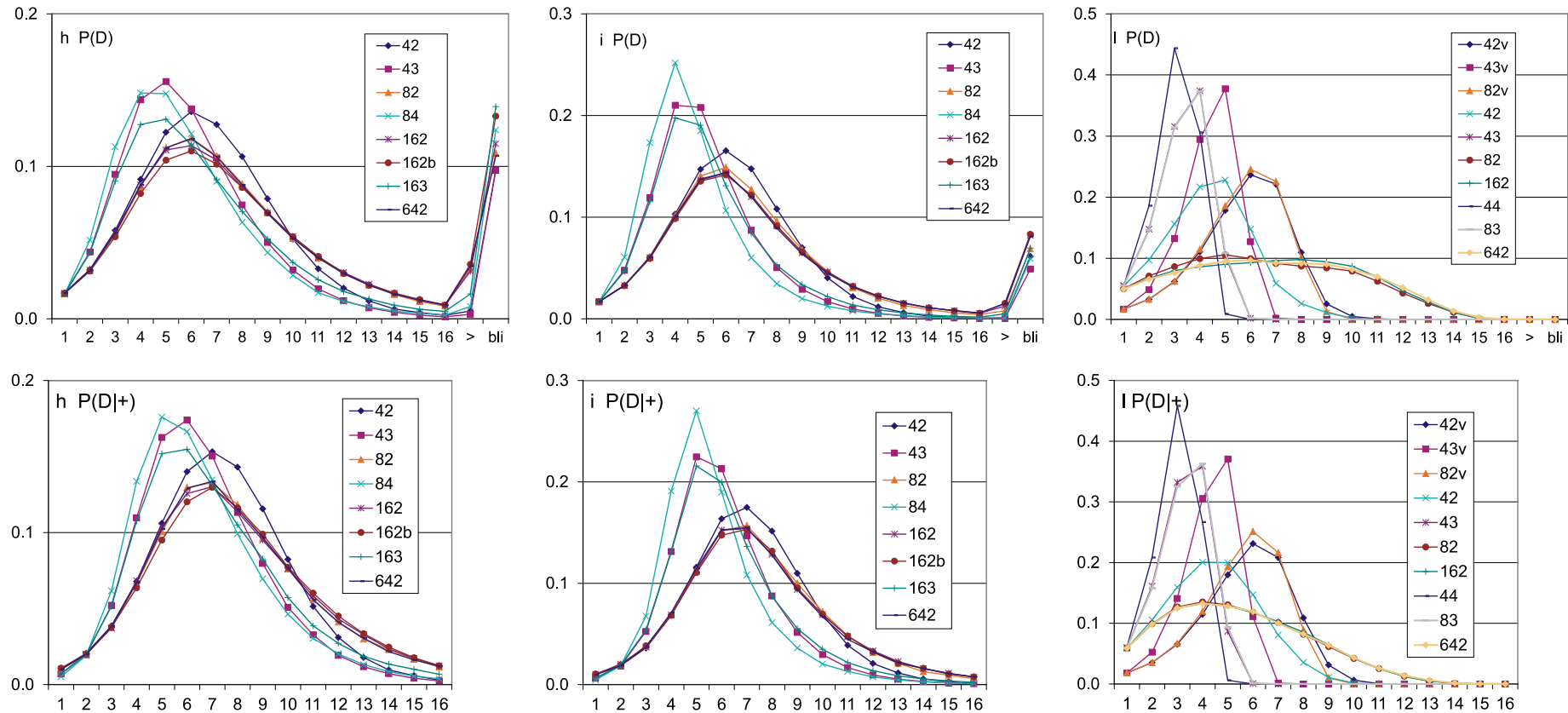


Rys.9.3. Sprawdzenie występowania oczekiwanej **tendencji dodawania terminalnego**. Uzyskane tu wyniki są bardzo zbliżone do $P(a|D)$ z rys.9.1, ale oprócz podobieństwa akceptacji jakiegokolwiek (+ lub -) zmienności inicjującej istotne znaczenie ma tu także występujący w $P(a|D)$ czynnik $P(-|D)$ który silnie zmniejsza wpływ kształtu dla odejmowania.

Porównując zależności dla sh i ss widać, że na dodawanie w sieci sh wyraźnie mniejszy wpływ ma K . Podobnie jest dla odejmowania na rys.9.4. Do D około 7, która to część sieci sh zajmuje około 50-65% (dolny rząd), tendencja dodawania terminalnego jest silna, a dalej dominuje konkurencyjny wpływ obszaru niemal uporządkowanego, jednak jest on blisko 2 razy słabszy. Dla sieci si zależność od K pozostaje widoczna, ale jest słabsza niż w $P(a|D)$. Pierwotną przyczyną tych różnic w zależności od K jest rozkład $P(D)$, widoczny tu na $SP(D|+)$, patrz rys.9.5. Sieć al ma silną tendencję przy wszystkich wariantach parametrów.



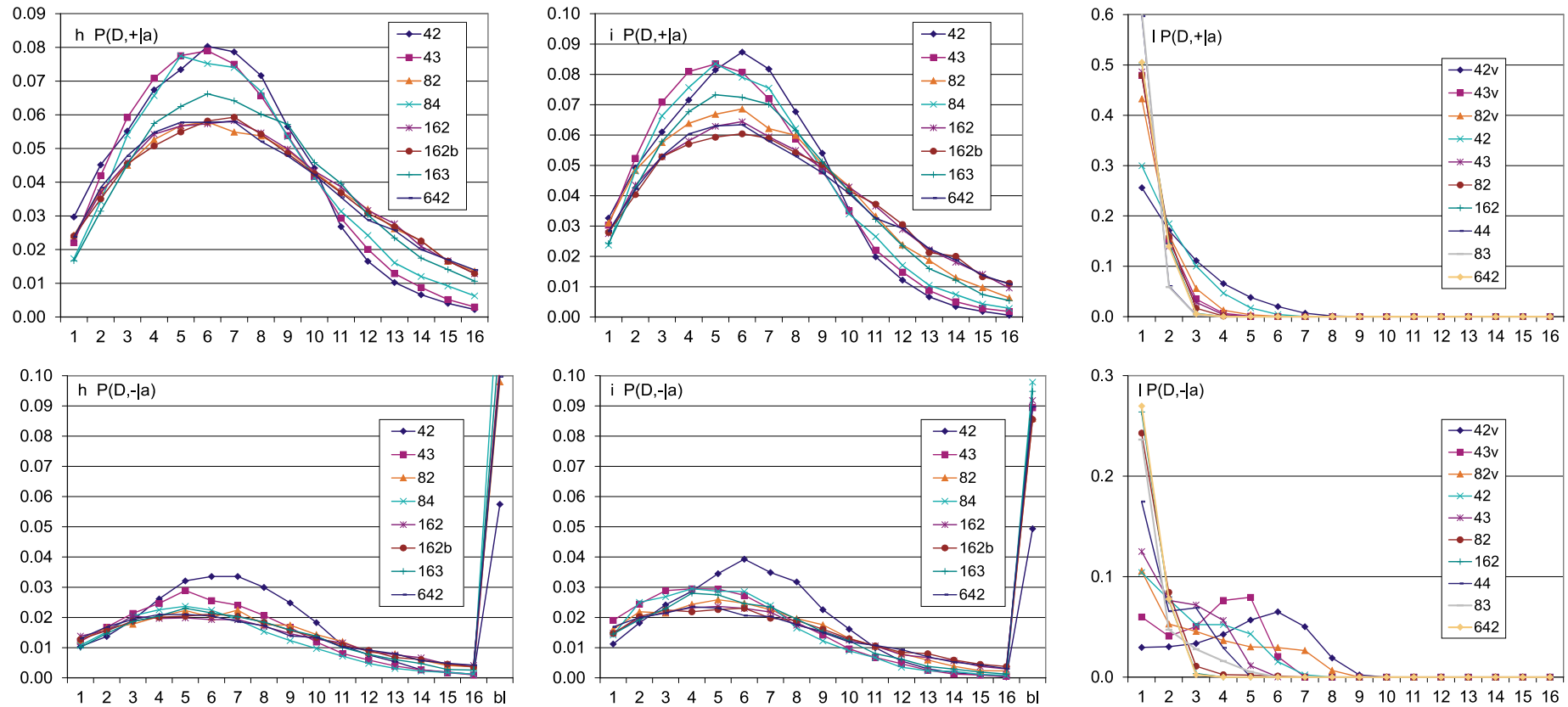
Rys.9.4. Zależność akceptacji odejmowania od głębokości D (modelującej kolejność funkcjonalną, patrz rozdz.9.2.1) też nie jest poziomą prostą co świadczy o istnieniu tendencji strukturalnej. W przypadku sieci al zależność ta jest monotoniczna, co jest zgodne z oczekiwaną tendencją zmienności terminalnej, jednak w porównaniu do dodawania tendencja ta jest znacznie słabsza i na większych głębokościach jednak prawdopodobieństwo akceptacji jest nie do pominięcia. Ta różnica daje na rys.9.1 tendencję upraszczania głębszych warstw.



Rys.9.5. Zależności $P(D)$ oraz $P(D|+)$. $P(D)$ obrazuje podział nodów sieci na głębokości. Nody 'blind' (ślepe, tj. nie posiadające drogi do wyjść systemu, nie posiadają określonej głębokości D , ale ich liczba nie jest do pominięcia i jest tu kategorią w zmiennej D . Algorytm nie dopuszcza dodawania nodów, które po dodaniu byłyby blind. Dopuszcza jednak odejmowanie nodów blind, ale dla ustalenia tendencji odejmowania w zależności od głębokości takie przypadki trzeba pominąć (rys.9.4) co wpływa na dolny rząd określający część sieci, dla której dana tendencja występuje. Praktycznie $P(D|-)$ jest w tym aspekcie także zbliżone do $P(D|+)$, ale pomija blind jako kategorię D , natomiast w aspekcie rozłożenia całej zmienności 'odejmowanie' należy uwzględnić blind i wtedy $P(D|-)$ jest jak $P(D)$. Drugą różnicą jest przesunięcie $P(D|+)$ względem $P(D)$ i $P(D|-)$ o $D=1$ w prawo, co można stwierdzić po pozycji maksimum. To przesunięcie wynika w konieczny sposób z dodawania: losuje się node, do którego idzie link wyjściowy z dodawanego nodu, więc dodany ma o 1 dłuższą drogę do wyjść systemu. W przypadku sieci al jest jeszcze 'korekta': ponieważ tu trzeba dołączyć $k=K$ linków wyjściowych, to głębokość D dodawanego nodu jest najmniejsza ze wskazanych powyższą metodą na tych linkach, co istotnie zaburza losowość i dla sieci al przesunięcia praktycznie brak.

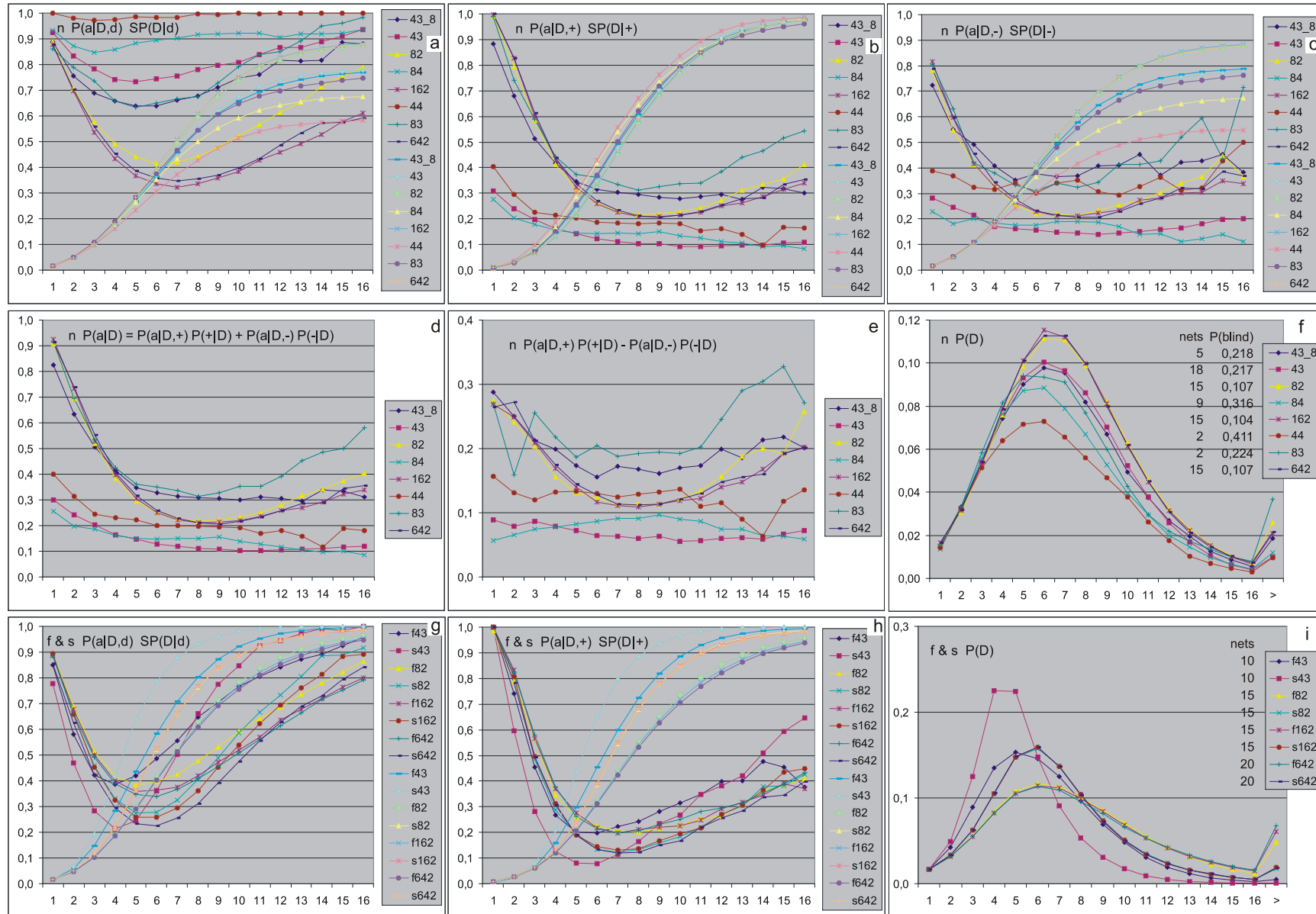
Ogólnie zależność od K jest wyraźnie silniejsza od zależności od s , natomiast w przypadku al wielkość s ma także duże znaczenie.

Podział objętości sieci na głębokości D jest istotnym czynnikiem w ocenie tendencji, które istotnie bardziej adekwatnie byłyby przedstawione, gdyby oś D była wyskalowana proporcjonalnie do udziału tych przedziałów w sieci. Takie przedstawienie jest stosowane w 'trapezach' na rys.15 niżej.



Rys.9.6. Wszystkie przedstawiane zależności dotyczą sieci wyrosłych w określonych, przyjętych w symulacji parametrach, w innych parametrach zależności będą bardziej lub mniej podobne. W przypadku tu przedstawianych $P(D,+|a)$ wynik silnie zależy od proporcji losowania $+$ i $-$, czyli od $P(+)$ i $P(-)$, które były ustalane dynamicznie, tak, by $P(+|a)$ było w przybliżeniu 2 razy większe od $P(-|a)$. Pokazane tu $P(D,+|a)$ mają znaczenie dla wystąpienia realnego upraszczania głębszych warstw, co intuicyjnie przedstawione było dla agregatu automatów na rys.3.e, jednak tam proporcje losowania $+$ i $-$ były ustalone na 50%. Jak pokazuje rys.14 proporcje dynamiczne są z grubsza prawie stałe dla sieci $s?$, ale i tak upraszczanie dla $s?$ tak wyznaczone byłoby poniżej granicy ufności, a jak sugeruje rys.9.1 nie należy się go spodziewać. Jedynie dla sieci al wynik byłby zbliżony do uzyskanego dla aa w alg.rev-ann.

Sieć nn, jak wspomniane jest w rozdz.9.1.3, ma regułę wzrostu preferującą bliskich sąsiadów i kolejność funkcjonalną by ograniczyć liczbę pętli. Reguła ta jest dość złożona i nie ma większego sensu specyfikowanie tu jej szczegółów (w fazie 2 została jednak wyspecyfikowana na rys.1 w rozdz.9.1.3), ważny jest jedynie kierunek modyfikacji reguły si. Ogólnie, reguła ta wybierała gdzie podłączyć kolejne wejścia, jednak nadal $k=1$. Była to próba uratowania wizji mechanizmu tworzącego tendencje strukturalne we wspólnym modelu systemu dla metabolizmu i ontogenezy. Efekt jest zachęcający, ale wymaga dalszych badań, jednak jego złożoność musi być mocniej uzasadniona potrzebą. Należy próbę tą traktować jako wskazówkę kierunku, podobnie jak skuteczność prostej sieci al eliminującej efekty wymuszonego $k=1$.



Rys.9.7. Podstawowe wyniki dla sieci nn (z odejmowaniem) – 2 górne rzędy, oraz dla sieci sf i ss (bez odejmowania, czyli samo dodawanie) – dolny rząd. Tendencje dla sieci nn mierzone podczas dodawania i odejmowania rzeczywiście istotnie upodobniły się do oczekiwanych (b,c,d) ale badanie innej zmienności (punktową zmianą) dają wyniki inne i zaskakujące. W sieci oznaczonej jako 43_8 zmieniono próg z $L=12$ na $L=8$, co dało ciekawe efekty, do których później powrócono (rys.10 oraz faza 2). W sieciach sf i ss podobnie różnica między dodawaniem a inicjacją punktową jest wyraźna i podobna do sh i si.

Tendencje strukturalne mają wyjaśnić prawidłowości ewolucji ontogenezy, a te są skutkiem doboru naturalnego wyniku tych ontogenez. Stąd należy warunek akceptacji oprzeć na wyniku funkcjonowania sieci, czyli na sygnałach wyjściowych do środowiska. Jak już wspomniałem, trudno jest w algorytmie tmx o dobre modelowanie adaptacji, ale można było sprowadzić problem do wielkości zmiany na wyjściach, czyli L. Podstawą mechanizmu adaptacji była bowiem mała zmiana.

W publikacji [ggcc](#) opisującej wyniki symulacji alg.rev-ann, tendencje silnie zależały od obecności kosztu. Początkowe próby w tym aspekcie z alg. tmx pokazane na [rys.8](#) (oraz [rys.9](#) dla sieci sh & si 16,2 nc opisanej jako 162b) wykazały brak takiej zależności od zbliżonego kosztu cbL. Wynik ten był zaskoczeniem i budził wątpliwości, jednak zaawansowane już badania z cbL doprowadzone zostały do końca i przedstawione na [rys.9](#). W międzyczasie powstała seria symulacji sieci sh i si bez kosztu (nc) dla celów badania półchaosu, także oparta na warunku kumulacji L. Należało sprawdzić przygotowanymi już mechanizmami, czy ograniczone wyniki wstępnego porównania kosztu cbL i braku kosztu nc rzeczywiście dotyczą rozmaitych wariantów sieci i parametrów. Wyniki przedstawia [rys.10](#) dwie lewe kolumny. Trzecia, prawa kolumna także zawiera sieć al z warunkami L nc dosymulowaną później.

Mała zmiana jest także podstawą ewolucyjnej stabilności półchaosu. Badania met4-9, które wskazały istnienie i własności półchaosu dały głęboką podstawę do definiowania życia, mimo, że opierały się na mierze wewnętrznego zaburzenia w sieci (damage). Sugeruje to wykonanie sprawdzenia, czy bardziej pierwotny warunek 'd' małej zmiany damage jest wystarczający do powstawania podobnych tendencji strukturalnych. Odpowiednie symulacje do odpowiedzi na to pytanie zostały już wykonane ([tab.1](#)) w celach sprawdzenia obecności półchaosu w rosnących sieciach otwartych (co zostało opisane w publikacji [Bart](#)), wystarczyło je opracować pod kątem tendencji. Wyniki dla miarodajnego przypadku s,K=4,3 także zawarte są w trzeciej kolumnie [rys.10](#).

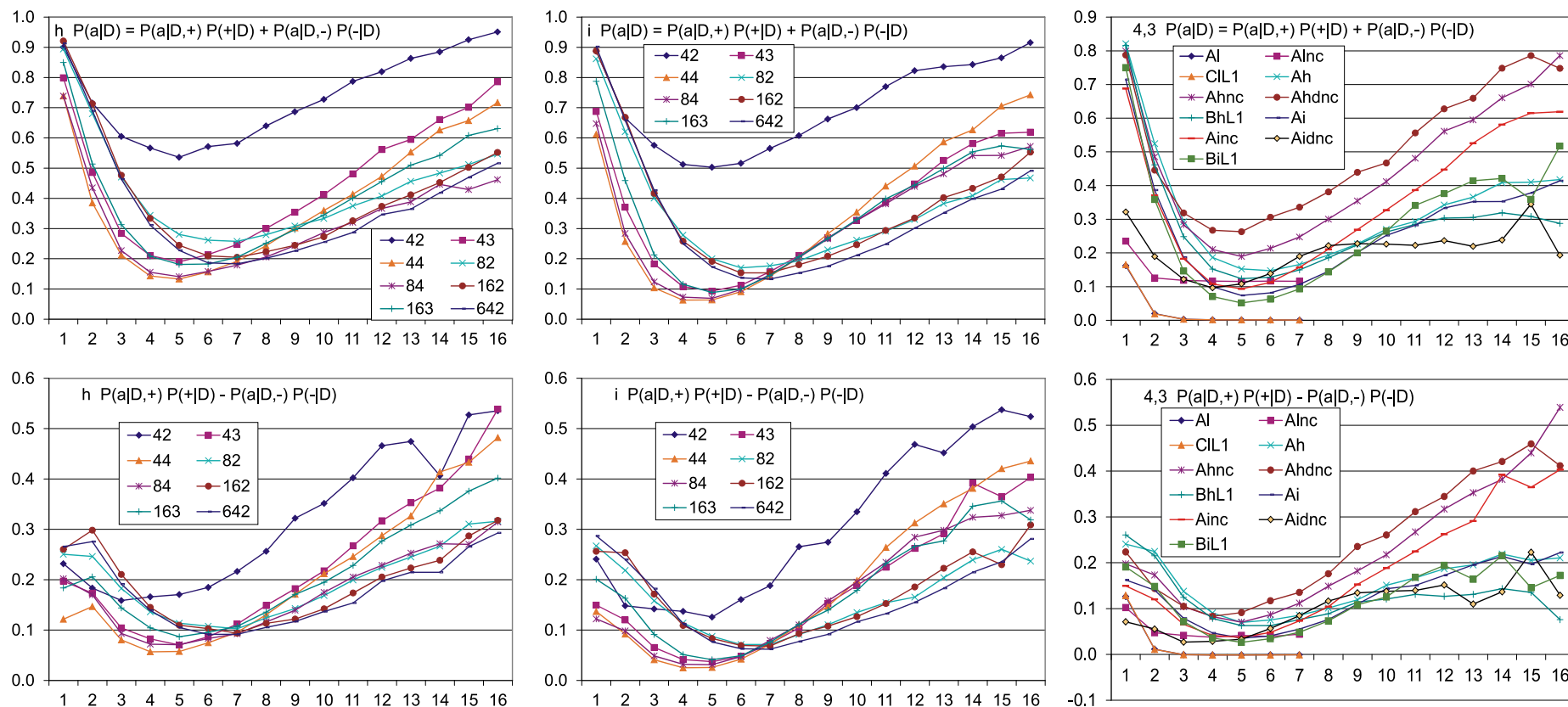
Rys.10. Tendencje podczas wzrostu opartego na warunkach L nc sieci otwartych sh i si o różnych s,K (dwie lewe kolumny) oraz porównanie wpływu rozmaitych parametrów symulacji dla sieci o s,K=4,3, w tym sieci al (prawa kolumna).

Opis parametrów symulacji porównywanych w kolumnie prawej: Warunek cbL jest pomijany w opisie, występuje gdy brak nc. Warunek kumulacji oparty na L także jest pomijany gdy próg wynosi 12, ale gdy wynosi 1 w opisie pojawia się L1. Duża litera A, B, C opisuje typ programu (patrz [tab.2](#)). Za nią występuje mała litera wskazująca typ sieci l, h, i, odpowiednio dla al, sh, si. Dla każdej z tych sieci badane były przypadki: L cbL (brak opisu), L nc (tylko nc), d nc (warunek kumulacji oparty na wielkości damage d, której próg $d = (\text{próg } L=12)/64$ czyli $A3=d*N$, zawsze z nc, opisany jako dnc). Z tych kombinacji nie wszystkie zostały pokazane, gdyż niektóre pokrywały się dość dokładnie: **Al=Ci=CIL1**, **Alnc=Aldnc**, **Ah=Bh**, **Ai=Bi**. CIL1 jest jednak pokazane przez przeoczenie. Program C to w zasadzie program B bez wymuszania braku sprzężeń zwrotnych w początkowych 50 nodach. Sieć al nie tolerowała tego wymuszenia. Z tym wyjątkiem program A i program B dają, jak widać te same wyniki, czyli zbędne okazało się startowanie z sieci PAS N=50.

Kolumna prawa z jednej strony uzupełnia lewe kolumny pokazując sieć al w wersji Alnc, jednocześnie jej głównym celem jest porównanie rozmaitych wariantów parametrów. Okazuje się, że **jednak istnieje różnica między wynikami dla cbL i nc, np. w przypadku al najwyraźniej**.

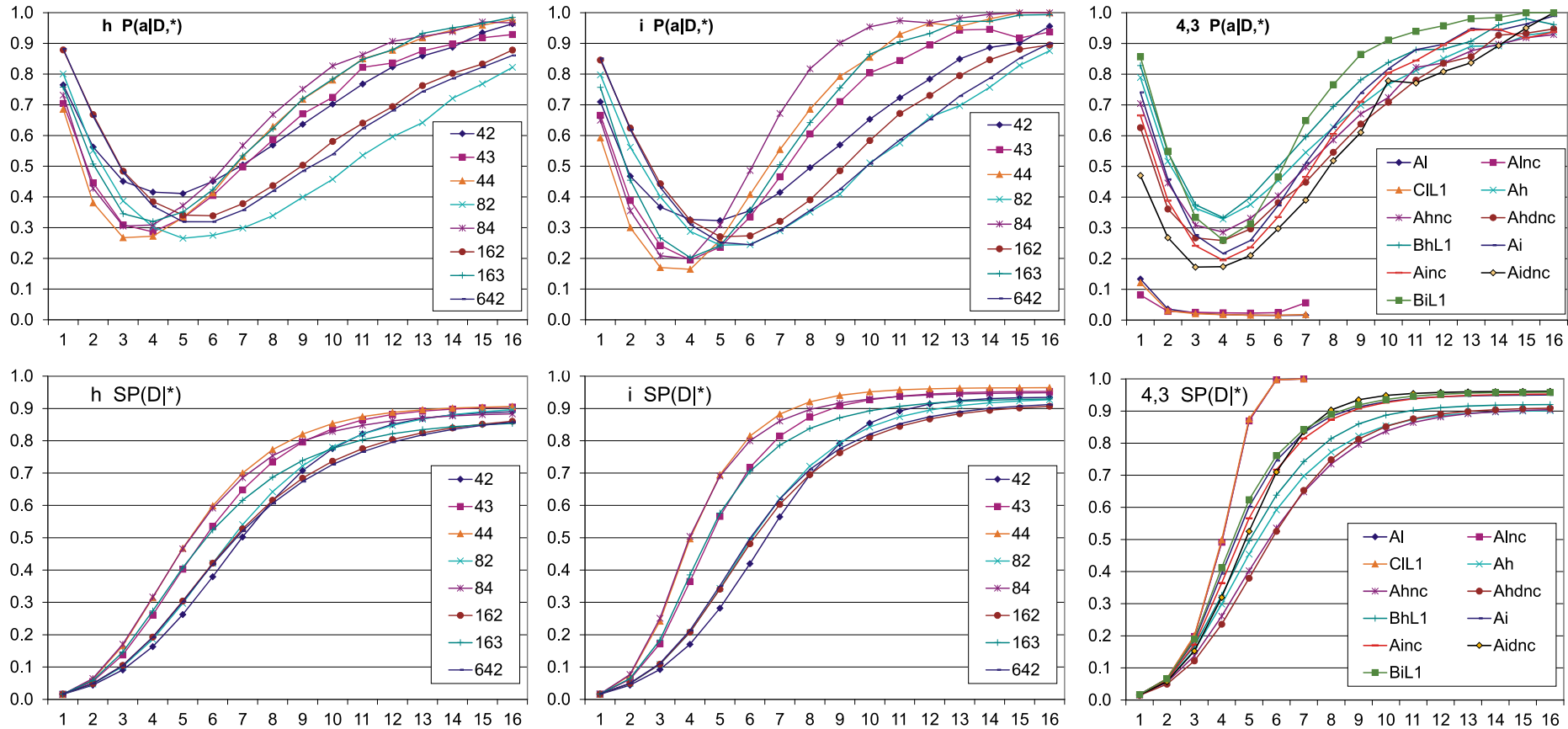
Pozostałe parametry jak w symulacjach, których wyniki opisuje [rys.9](#). Także układ kolejnych elementów jest taki sam z pominięciem odpowiedniego do [rys.9.7](#).

Kolory przebiegów na [rys.9](#) i [10](#) są niestety inne dla konkretnych s,K, gdyż w [rys.10](#) doszedł wariant 4,4 (44) a jakby ubył dodatkowo pokazywany na [rys.9](#) 16,2 nc (162b), jest jednak w miejscu '162' jak inne. (W następnych wersjach tego Raportu chyba pracownicy to skorygują.)

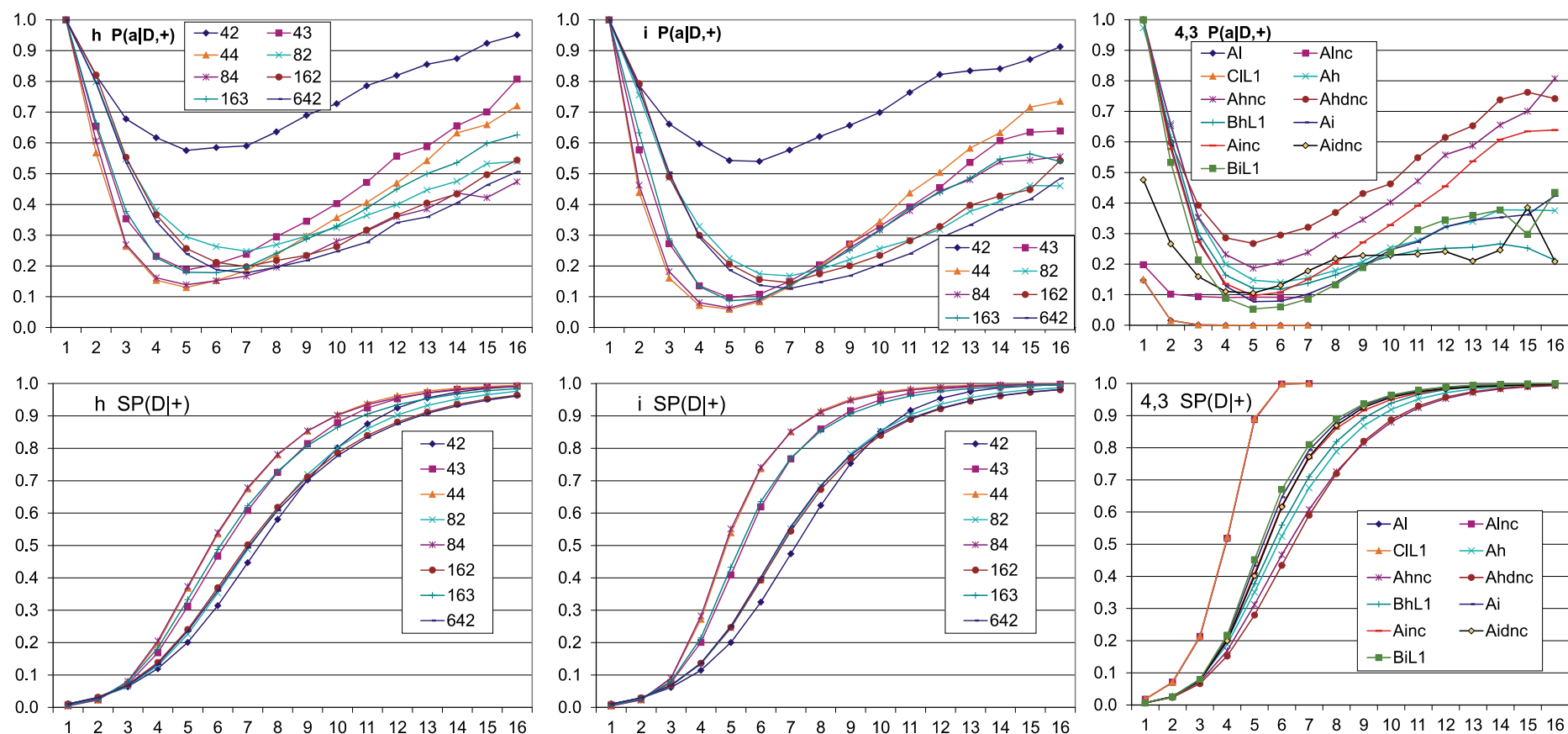


Rys.10.1. Sprawdzenie występowania oczekiwanych tendencji strukturalnych: **zmienności terminalnej** (górnny rząd) oraz **terminalnej przewagi dodawania nad odejmowaniem i upraszczania głębszych obszarów** (dolny rząd).

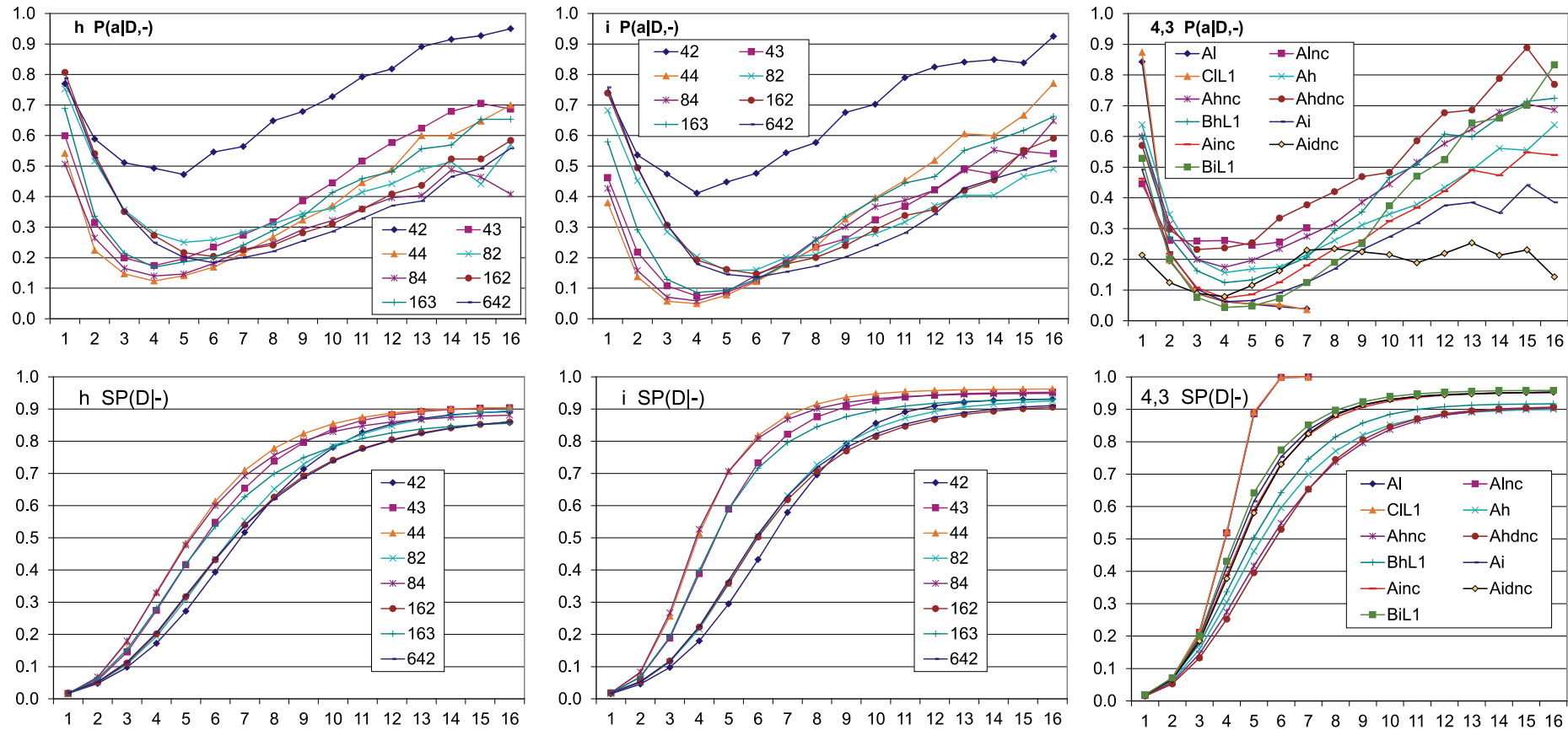
Porównanie do rys.9.1 pokazuje, że choć wyniki dla kosztu cbL i braku kosztu nc są ogólnie podobne, to jednak w wielu miejscach różnią się wyraźnie. Bardzo inny jest obraz dla $s, K=4, 2$ choć w obu przypadkach jest to sytuacja wyjątkowa, ale w przeciwną stronę. Także w prawej kolumnie AI i Alnc zasadniczo różnią się poziomem, a także Ah i Ahnc oraz Ai i Ainc nie są bardzo podobne. Choć Ahnc i Ahdnc oraz Ainc i Aidnc także nie są bardzo podobne, to jednak okazuje się, że tendencje podczas wzrostu opartego na warunku małej zmiany damage d są zbliżone do bardziej intuicyjnego modelu opartego na wielkości zmiany wyniku na wyjściach systemu. Ten wniosek ma istotne znaczenia dla głębszego rozumienia roli półchaosu w istocie zjawiska ‘życie’.



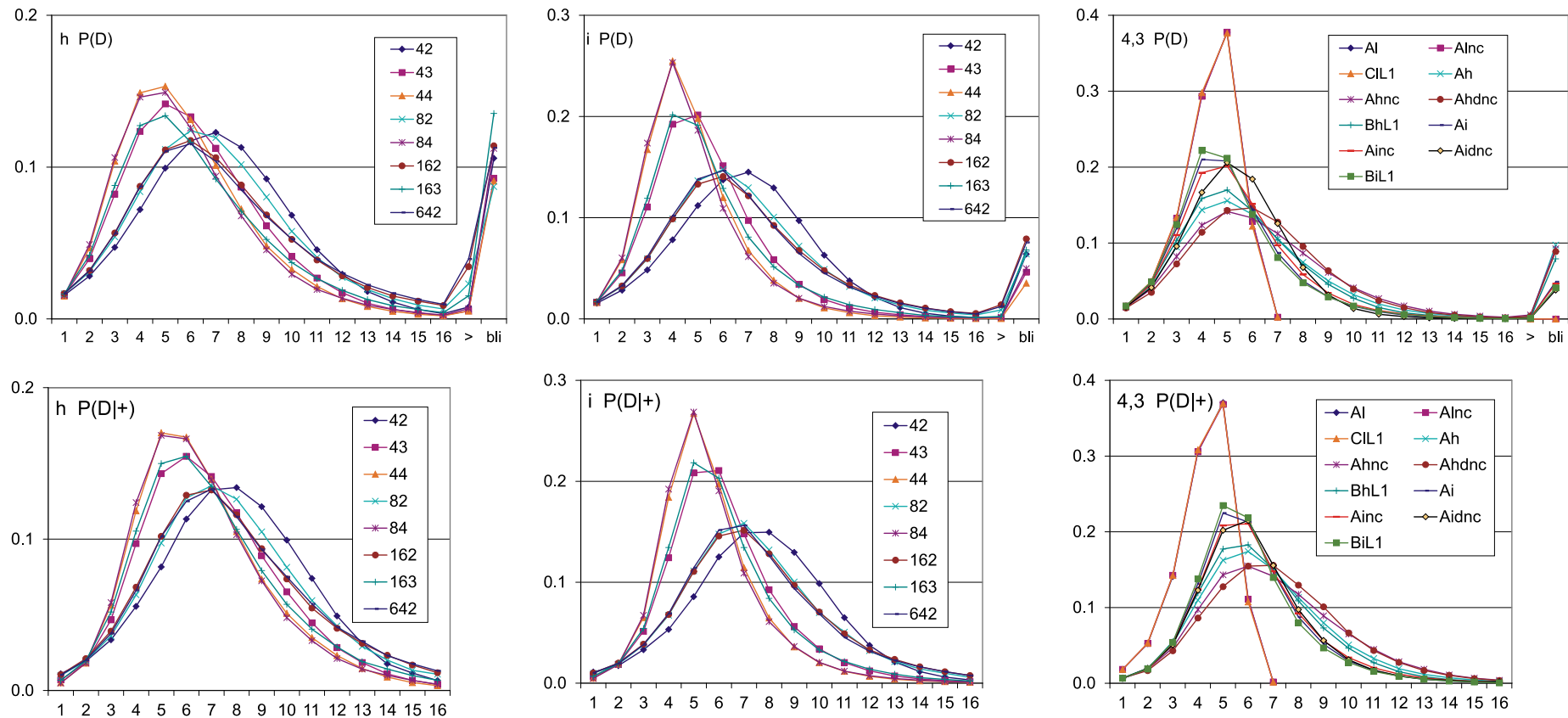
Rys.10.2. Punktowa zmiana funkcji (dla aktualnego stanu wejść nodu funkcja jest zmieniona) wskazuje na czułość na zaburzenie nodów o określonej głębokości. Uzyskany obraz dla sieci rosnących bez warunku kosztu dodawania nc nie różni się wyraźnie od pokazanego na rys.9.2 obrazu dla kosztu cbL. Nieco zaskakująca jest prawa część BiL1, podobny, choć znacznie słabszy ma kierunek odstępstwa BhL1 od Ah=Bh. **Obniżenie progu do wartości zbliżonej w modelowaniu adaptacji przez alg.rev-ann nie dało więc poprawy, a nawet zwiększyło udział efektu k=1 na większych głębokościach.**



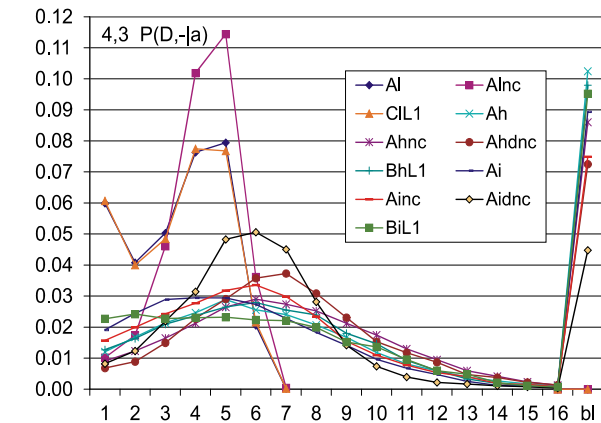
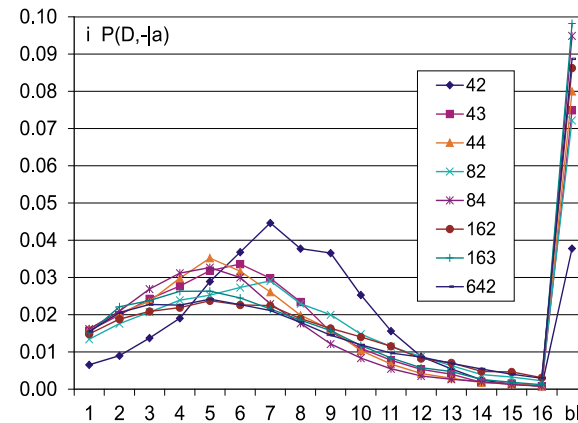
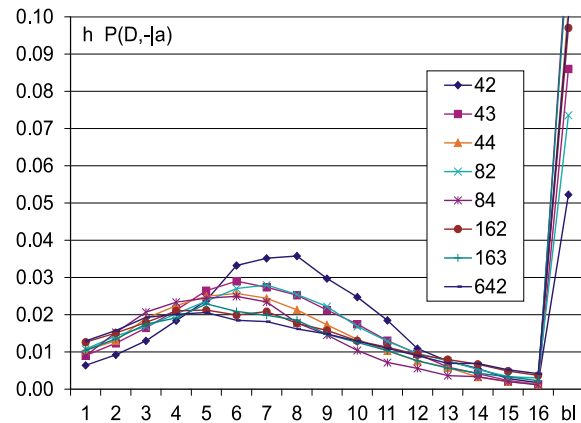
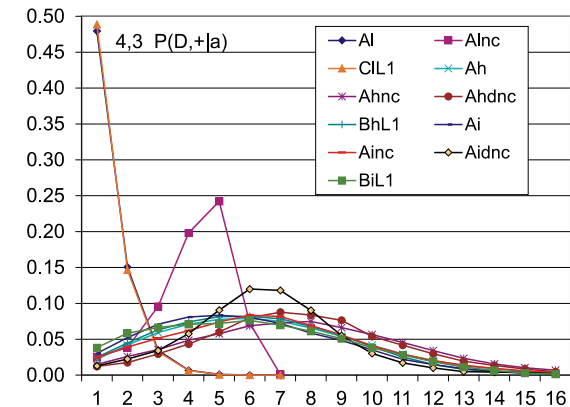
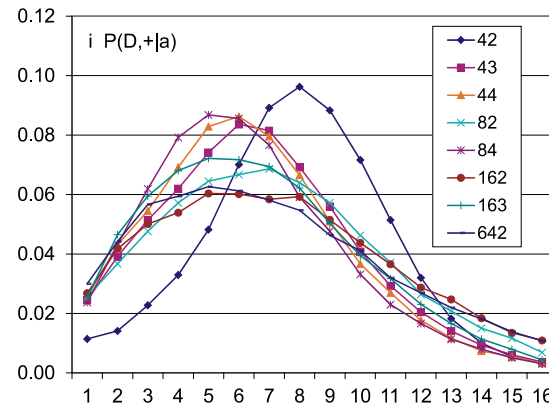
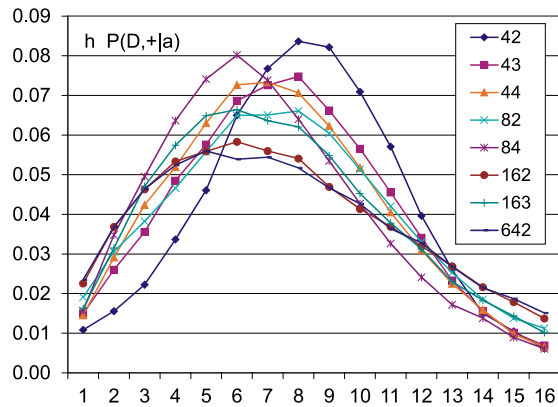
Rys.10.3. Tendencja dodawania terminalnego, podobnie jak dla cbL (rys.9.3) ma na większych głębokościach konkurenta, tu nieco silniejszego niż dla cbL . Podobnie jak na rys.10.2 zachowanie 4,2 jest wyraźnie inne, co oczywiste, gdyż to ta sama przyczyna w obu przypadkach. $BiL1$ i Ai są bardzo zbliżone (w granicach błędów) a $BhL1$ i Ah różnią się w spodziewanym kierunku jedynie dla rzeczywiście sporych D , których łączny udział jest poniżej 10%, czyli statystyka jest tu słaba i efekt może być wynikiem fluktuacji. $Ahnc$ i $Ahdnc$ różnią się jedynie głębokością minimum, ale nie jego miejscem i nie kształtem, natomiast $Ainc$ i $Aidnc$ różnią się sporo, przy czym kształt $Aidnc$ jest dziwny i budzi wątpliwości swoją wyjątkowością (w tym przypadku dostępne do złożenia było 5 a nie 14 symulacji pojedynczych sieci i może to być efekt specyficznej struktury jednej z nich; nie jest to przypadek szczególnie ważny, więc uzupełnienie odkładam na przyszłe wersje Raportu).



Rys.10.4. Tendencje dotyczące odejmowania nodów z warunkiem nc (bez kosztu) są zbliżone do obserwowanych z kosztem cbL. Tu różnica Ah i BhL1 oraz Ai i BiL1 podobnie do inicjacji punktowej (rys.10.2) sugeruje odwrotny oczekiwany efekt zmniejszenia progu od. Także Aidnc ma przebieg zaskakujący jak na rys.10.3. Alnc radykalnie różni się od AI liczonego z cbL.



Rys.10.5. Ogólnie pokazane tu rozkłady dla sh i si zależą przede wszystkim od K . W prawej kolumnie $K=3$, także $s=4$ są ustalone. Dla sieci al wszystkie warianty parametrów dają jedną wspólną zależność od D . Dla $P(D|+)$ $Ahnd$ i $Ahdnc$ oraz $Ainc$ i $Aidnc$ praktycznie się pokrywają, podobnie Ai i $BiL1$, czyli wytworzyły bardzo zbliżone struktury. Nieco inaczej jest dla $P(D)$, gdzie wpływ różnej liczebności blind powoduje 'rozjechanie się' tych podobieństw w zakresie zdefiniowanego D . Patrz też opis [rys.9.5](#) gdzie zwrócono uwagę na różne aspekty, których tu nie warto powtarzać.

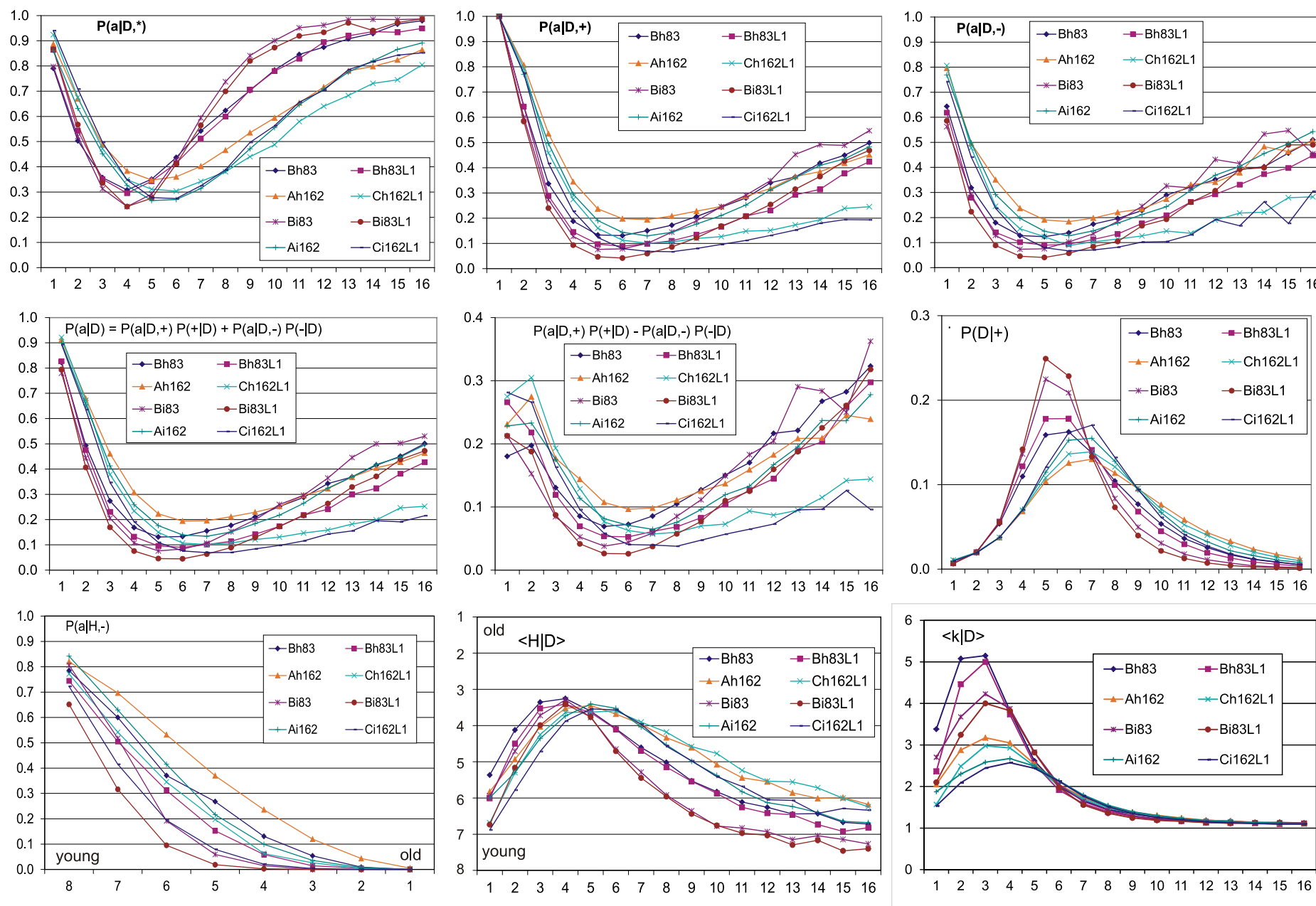


Rys.10.6. W tym przypadku dla sh i si wariant 4,2 wyraźnie odbiega od reszty. Natomiast po prawej wyjątkowy jest Aidnc, jak i na poprzednich zależnościach.

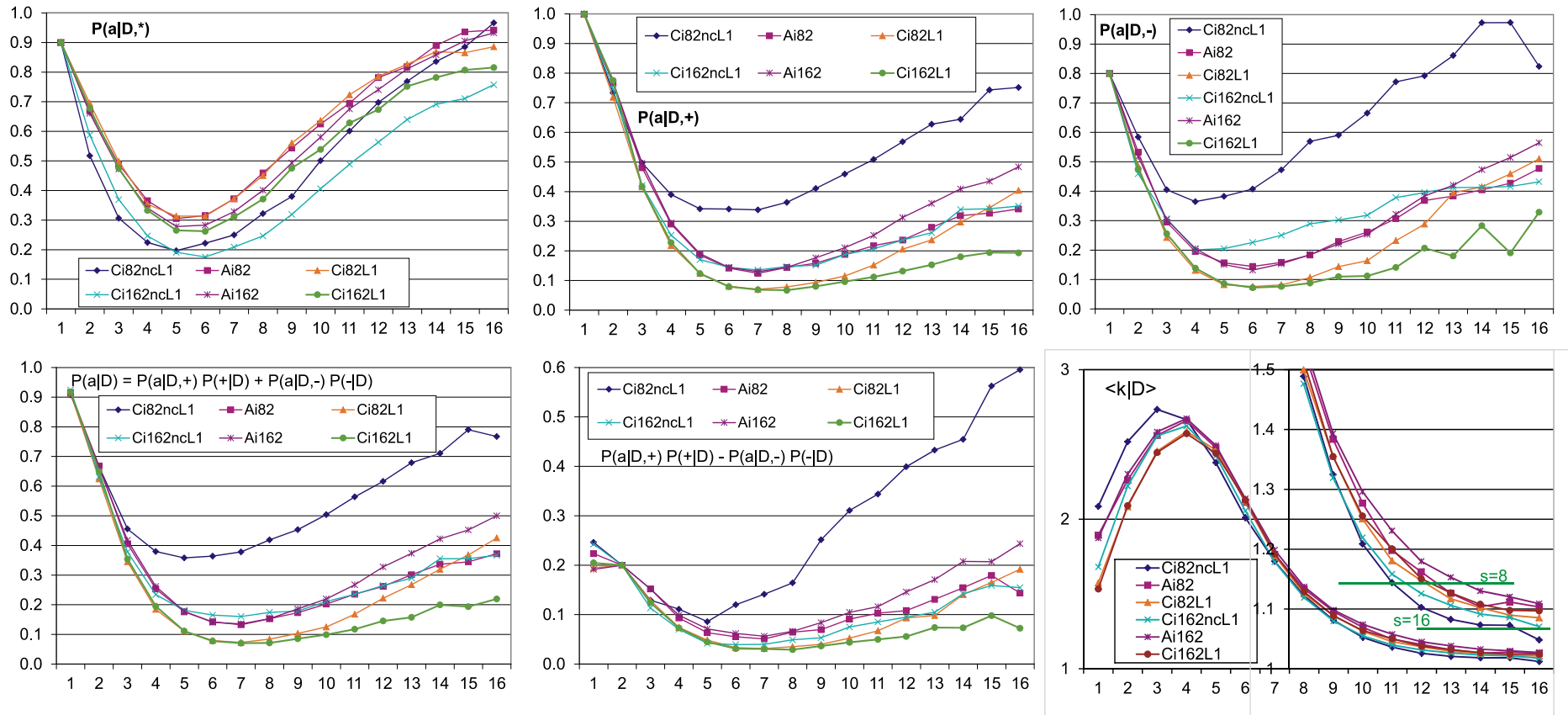
9.4.2 Problem wysokości progu L

W powyższych badaniach próg wielkości zmiany akceptowanej wynosił $L=12$ przy $m=64$, co daje dla warunku d dynamiczny próg $A3 = 12/64 \cdot N$. Brak skuteczności kosztu cbL w porównaniu do wyników alg.rev-ann kazał poszukiwać przyczyn. Wśród hipotez największe prawdopodobieństwo przypisałem różnicy wielkości zmiany, gdyż ewidentnie w modelu adaptacji tolerowana zmiana była znacznie mniejsza z uwagi na założone wychylenie 'fitness' b od równowagi 'abiotycznej' do $\frac{3}{4} m$ (patrz R2gec). Pierwsze próby zmniejszenia progu do $L=1$ dały oczekiwane wyniki, więc już w badaniach na większej próbie pokazanych po prawej na rys.10 zamieszczone były symulacje dla 4,3 z L1. Niestety, nie dały one oczekiwanych wyników, więc trzeba było poszerzyć to badanie. Rys.11 pokazuje symulacje sieci sh i si 8,3 i 16,2 z progiem $L=12$ i $L=1$.

Rys.11. Badanie skuteczności obniżenia progu L z 12 do 1 w aspekcie kosztu cBL.



Rys.11.1. Porównanie przebiegów dla progu $L=12$ i 1 w sieciach sh & si 8,3 & 16,2. Przedstawione są symulacje: 10Bh8,3, 12Bh8,3L1, 15Ah16,2, 7Ch16,2L1, 10Bi8,3, 12Bi8,3L1, 15Ai16,2, 8Ci16,2L1. A,B,C to warianty programu opisane w tab.2. Liczby przed nimi wskazują liczbę symulowanych sieci. Wszędzie koszt cbL i warunek akceptacji oparty na progu L. Gdy próg $L=12$ nie jest to zaznaczane, podobnie jak w prawej kolumnie rys.10, natomiast próg $L=1$ jest zaznaczony jako L1. Ogólnie uzyskany efekt jest mały, szczególnie znikomy dla inicjacji punktowej * s,K=8,3 oraz si16,2. W pozostałych przypadkach zawsze daje niewielkie nasilenie oczekiwanych tendencji. Efekt obniżenia progu jest silniejszy dla s,K=16,2. Sieci sh i si nieco się różnią, ale nie zasadniczo. Hipotezą było, że będzie wyraźne nasilenie poprzez zmniejszenie wpływu $k=1$ na większych głębokościach, ale rozkład $\langle k|D \rangle$ na większych głębokościach prawie nie uległ zmianie, odstępstwa widać jedynie na małych głębokościach, gdzie $P(D+)$ jest jeszcze małe i nie wykazuje zmian w wyniku obniżenia progu. Tak więc obserwowana 'poprawa' wynika z niewielkich zmian w $P(D+)$, czyli trudno uchwytne innego powiązania nodów. Porównaj wnioski z rys.10.2.



Rys.11.2. Porównanie przebiegów dla sieci si 8,2 & 16,2 nc L1, cbL L12, cbL L1. Przedstawione są symulacje: 10Ci8,2ncL1, 15Ai8,2cbLL12, 10Ci8,2cbLL1, 9Ci16,2ncL1, 15Ai16,2 cbLL12, 8Ci16,2cbLL1. **UWAGA: skale nie są wartościami P**, wykresy (oprócz ostatniego) zostały przeskalowane tak, by początek ($D=1$ oprócz przedostatniego gdzie $D=2$) był na jednakowym poziomie, wtedy porównujemy kształt, a ten wskazuje tendencję. Szczególnie interesuje nas tu odcinek D, gdzie dominował efekt wynikający z małego $\langle k \rangle$. **Hipotezą było, że w alg.tmx koszt cbL dla progu $L=1$ da podobne ograniczenie tego efektu, jak w alg.rev-ann.** W tym celu należy, podobnie jak na rys.4.a. porównać nc z cbL ale dla progu $L=1$. W obu przypadkach (8,2 i 16,2) rzeczywiście **hipoteza okazała się trafna, ale jej siła jest istotnie mniejsza od oczekiwanej.** Dla $D > 5$ jej wpływ na $\langle k|D \rangle$ widoczny jest dopiero po 4-krotnym powiększeniu. Współczynnik rozmnażania zmiany $w = \langle k \rangle (s-1) / s$ zakłada zmianę na jednym z K wejść do nodu, taka sytuacja jest jedynie na samym początku lawiny, ale dla małych damage jest dobrym przybliżeniem. Na diagramie $\langle k|D \rangle$ dla występujących

tu $s=8$ i 16 , zaznaczone zostały poziomy $\langle k \rangle$, dla których $w=1$, czyli następuje przejście chaos/porządek. Jak widać, biorąc pod uwagę zakres $P(D)$, praktycznie **nie ma tu wejścia w obszar uporządkowany**, jednak niewątpliwie za podnoszenie się $P(a|D, *+)$ po prawej maksimum D odpowiedzialne jest małe $\langle k \rangle$. Dla sieci RBN ($s=2$), dla której pierwotnie wykryto przejście fazowa chaos/porządek było to $\langle k \rangle = K = 2$, tu dla $s=8$ i 16 wynosi odpowiednio 1.143 i 1.067 . Niestety, dla zjawisk w sieciach złożonych proste wyjaśnienia rzadko są bliskie prawdy.

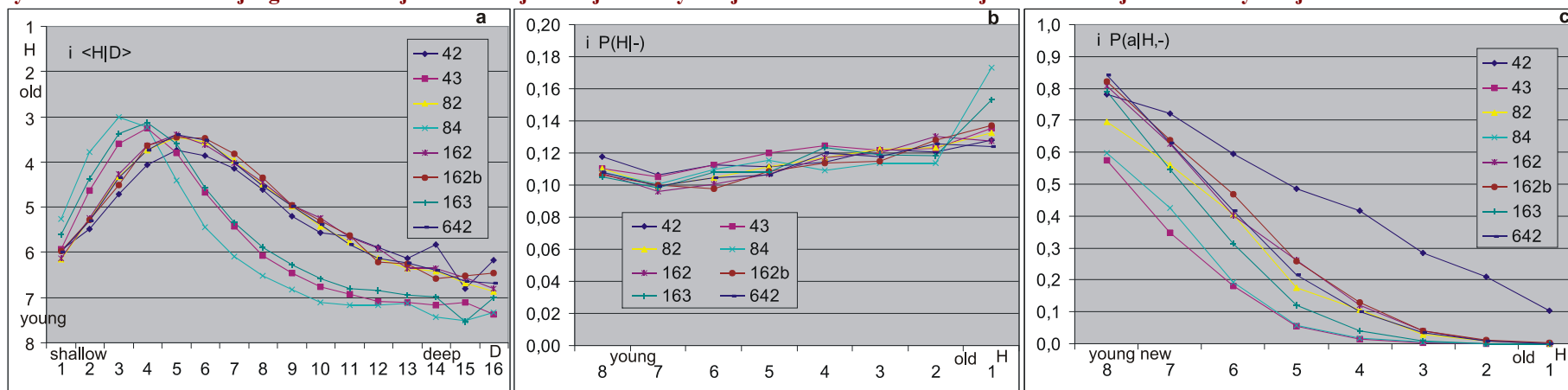
Zaskakujący jest odwrotny wynik dla pomiaru zmianą punktową, ale na badanie tego zjawiska nie było już czasu.

9.4.3 Zależność H i D - tendencja zgodności kolejności funkcjonalnej i historycznej

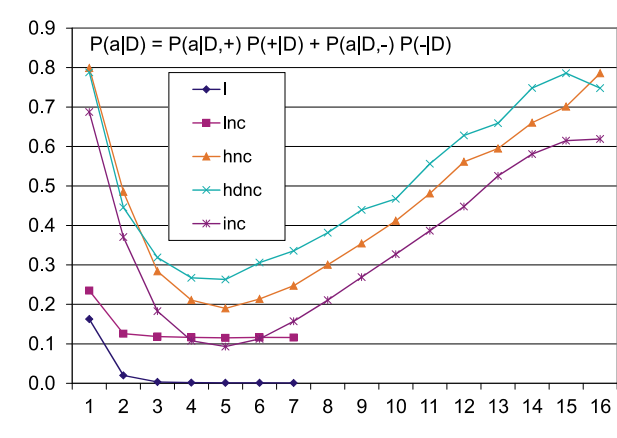
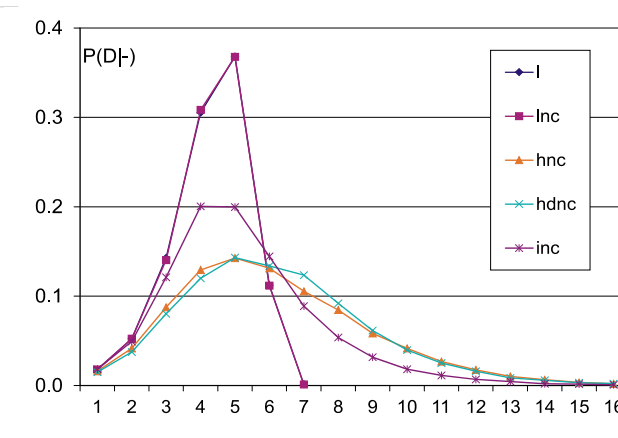
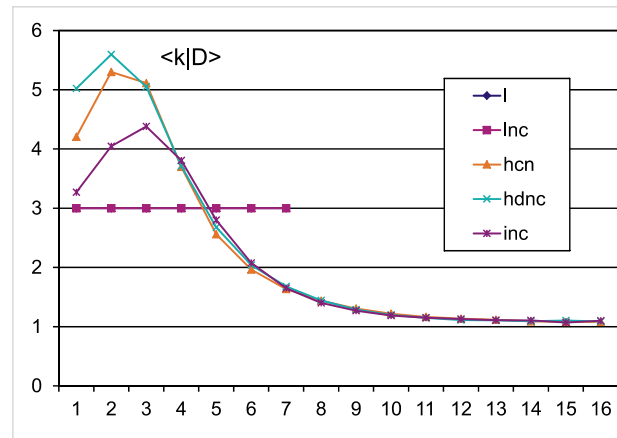
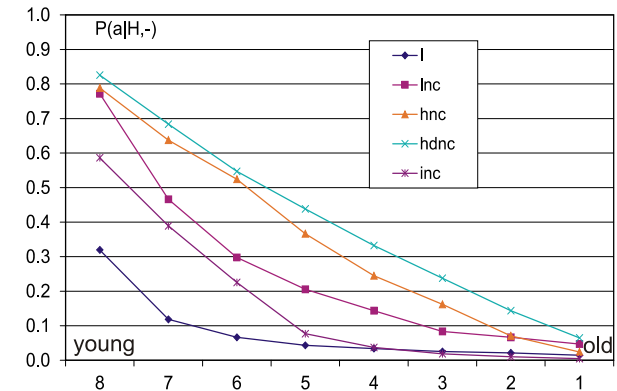
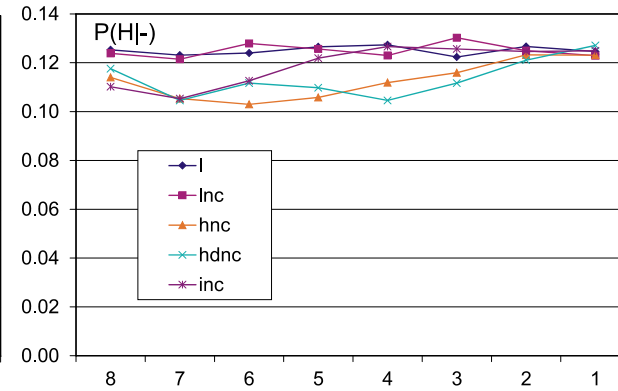
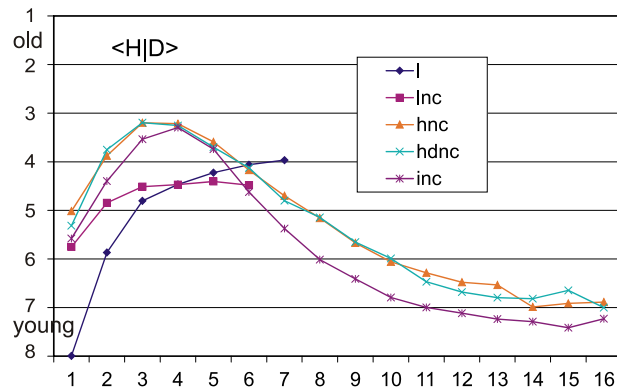
W prawie biogenetycznym najważniejszym wnioskiem jest zgodność kolejności funkcjonalnej i historycznej – jest to tendencja strukturalna. W met8 sieć rosła (algorytmem tmx), więc określona była kolejność historyczna H, ale nie było wyjść ani wejść systemu, więc nie była określona kolejność funkcjonalna D. Zbadana więc została jedynie tendencja konserwatywności starszych nodów (m8.rys.7 w rozdz.8.4) co opublikowane zostało w Bart. W rozdz.9.2.2 na rys.3.c jest wynik $\langle H|D \rangle$ otrzymany jeszcze w doktoracie dr dla sieci aa przy użyciu alg.rev-ann, który pięknie pokazywał zgodności obu kolejności H i D wynikającą ze wzrostu sieci pod kontrolą warunku adaptacji. Jak widać na rys.3.a w symulacji sieci aa występowała silna zmienność terminalna, a w krab fig.6 za dr pokazane jest silne dodawanie terminalne, które budują tę zgodność. W dgec i ggec przedstawiłem symulacje alg.rev-ann sieci sh i si (w ówczesnym nazewnictwie se i ss), w których tendencje zmienności terminalnej (tamże fig.6, oraz rys.4.a) i dodawania terminalnego nie były już tak silne (były podobne do uzyskanych w met9 i przedstawionych na rys.9 i 10) a kształt uzyskanej zależności $\langle H|D \rangle$ tylko dla małych D był zgodny z oczekiwaniem [dgec fig.7; ggec fig.7].

W met9 po raz pierwszy pojawiła się możliwość sprawdzenia powstania zgodności H i D we wzroście sieci alg.tmx, ale pod kontrolą warunku małej zmiany. Wyniki zbliżone są do uzyskanych algorytmem rev-ann dla sieci sh i si, jednak wyraźnie inne od uzyskanych dla agregatu automatów (sieć aa, rys.3.c). Ta odmienność wynika ze zmienności k nodów podczas wzrostu sieci wprowadzającej konkurencyjne mechanizmy, w tym głównie ze startu z $k=1$, czego nie ma sieć al.

Rys.12. Badanie tendencji zgodności kolejności funkcjonalnej i historycznej i zmienności terminalnej w sensie kolejności historycznej.



Rys.12.1. Na przykładzie sieci si liczonej programem A jak w wynikach przedstawionych na rys.9 środkowa kolumna. Obraz dla innych wariantów parametrów można zobaczyć na rys.11.1 i dalej na rys.12.2. Dla sieci $s?$ trudno oczekiwać takiej zgodności jak dla aa na rys.3.c z powodu stanu bliskiego uporządkowania głębszych obszarów sieci (małe $\langle k|D \rangle$ bliskie jedności, patrz rys.11.2 i 12.2). Komentarz do zawartości pokazanych danych pod rys.12.2 pokazującym je dla innego zestawu parametrów.



Rys.12.2. Symulacje programem A z progiem $L=12$ dla $s, K=4,3$ jak po prawej w rys.10 w celu porównania wpływu innych parametrów . Oczywiście przypadek oznaczony 'I' ma koszt cbL . Oczekiwana zgodność kolejności H i D występuje jedynie w zakresie wzrastającego $P(D|-)$, jedynie al cbL ma w całym zakresie. Pomiar najdokładniej można było wykonać dla odejmowania, gdyż dla dodawania nie dotyczyłby on dodawanego nodu, a miejsca dodania, co nie jest dobrze określone, szczególnie dla większych K. $P(H|-)$ pokazuje, że szanse trafienia w każde H są zbliżone, co istotnie różni zmienną D. $P(a|H,-)$ wygląda na 'ładną tendencję', ale składa się na ten efekt także wzrost k nodów w miarę wzrostu sieci, co dyskutowane było w met8. Tym razem nie przeprowadziłem dla porównania wzrostu bez warunku a (akceptacji) z kilku powodów, głównym z nich jest istotnie inna struktura otrzymanej tak sieci, co zmniejsza sens takiej tendencji. Nie ma tego problemu dla sieci al, gdyż tu k nie ulega zmianom w trakcie wzrostu sieci i mechanizm nie ma zaburzającej konkurencji. Ten zestaw wyników potwierdza wnioski wcześniejsze – w sieciach złożonych jednocześnie działa wiele, często sprzecznych w skutkach mechanizmów. Aby je zrozumieć, należy dobrać tak eksperymenty, by możliwie ograniczyć liczbę takich mechanizmów i badać możliwie każdy osobno. W tym aspekcie sieci s? (sf, ss, sh, si) nie są dobrym wyborem, szczególnie, że mechanizm zakładający rozpoczynanie od $k=1$ i stopniowy wzrost k wydaje się w przypadku ewolucji biologicznej mieć przynajmniej nie zasadniczy udział. Sieć al jest istotnie prostsza, pozwalająca na stwierdzenie obecności i uwarunkowań, wydaje się – wpływowych mechanizmów.

W trakcie symulacji zgromadzone zostało znacznie więcej materiałów, które zostały analizowane jedynie pobieżnie. Niestety, głębsza analiza wymaga dużo czasu, którego obecnie już nie mam. Możliwe, że uda się dodać coś w następnych wersjach Raportu, jeżeli takie powstaną. Mam (niestety słabą) nadzieję, że przekazany w materiałach uzupełniających program pozwoli innym badaczom głębiej rozpoznać te ciekawe mechanizmy. Ta wersja jest konieczną podstawą wniosków, które muszą znaleźć się w powstającej książce 'Szkic dedukcyjnej teorii życia'.

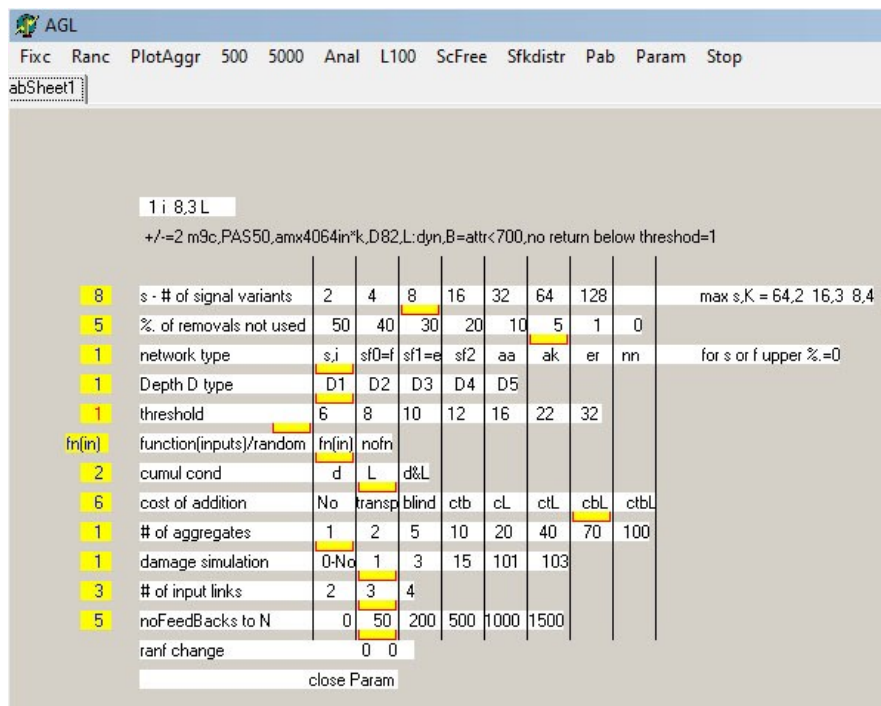
9.4.4 Skrótowy opis bezpośrednich form wyników i programu

Dużo wiedzy, doświadczenia i kontroli programu daje obserwacja procesu na ekranie w formie wielu dynamicznie uaktualnianych informacji. Jest tego bardzo dużo i nie ma obecnie potrzeby opisywania wszystkiego w szczegółach. Warto jednak z grubsza przedstawić te aspekty, gdyż wynikają one z doświadczenia i mogą być cennymi wskazówkami do dalszych badań dla następców. Można użyć mojego programu do analizy wielu problemów, których nie zdążyłem rozwiązać, można po zapoznaniu się z jego pracą zbudować własny program wykorzystując tą wiedzę. W większości przedstawione poniżej obrazy należy analizować w dużym powiększeniu, gdyż konstruowane były tak, by piksele ekranu dawały jednoznaczną informację.

Zawartość dynamicznego ekranu przedstawia i z grubsza opisuje rys.14 na dwóch przykładach. Szersze omówienie ‘krokodyli’ występujących w tym obrazie można znaleźć w Bart. Następny rys.15 na trzech przykładach ‘trapezów’ pokazuje graficzne podsumowanie wzrostu sieci. Symulacje sieci s? zarówno alg.rev-ann jak i alg.tmx dają obraz zasadniczo bardziej złożony, niż intuicyjny rys.3.f dla sieci aa. W większości przypadków górna połowa przedstawionej tak sieci w uporządkowaniu kolejności funkcjonalnej posiada **oczekiwane tendencje zmienności terminalnej, terminalnej przewagi dodawania nad odejmowaniem, wypierania wstecznego** zgodnie z przebiegiem wcześniej opisanych tendencji. Trapezy są wynikiem symulacji pojedynczej sieci, wypuszczane w postaci pliku graficznego i zawarte osobno w dwóch plikach tekstowych do dalszej analizy, w tym zsumowania i programu Exel, po zsumowaniu także otrzymuje się formę graficzną i takie zsumowane przedstawione są na rys.15.

Oprócz wyników graficznych w postaci zrzutu ekranu po każdym etapie M wzrostu N, na końcu symulacji każdej sieci przedstawione są graficznie $P(L/d|M, *+-)$ (6 wykresów stereo (rys.16), podobnych do rys.2) gdzie M oznacza etap wzrostu N. To przedstawienie dla $P(L)$ i $P(d|M, *)$ omówione jest także w Bart, Fig.9.

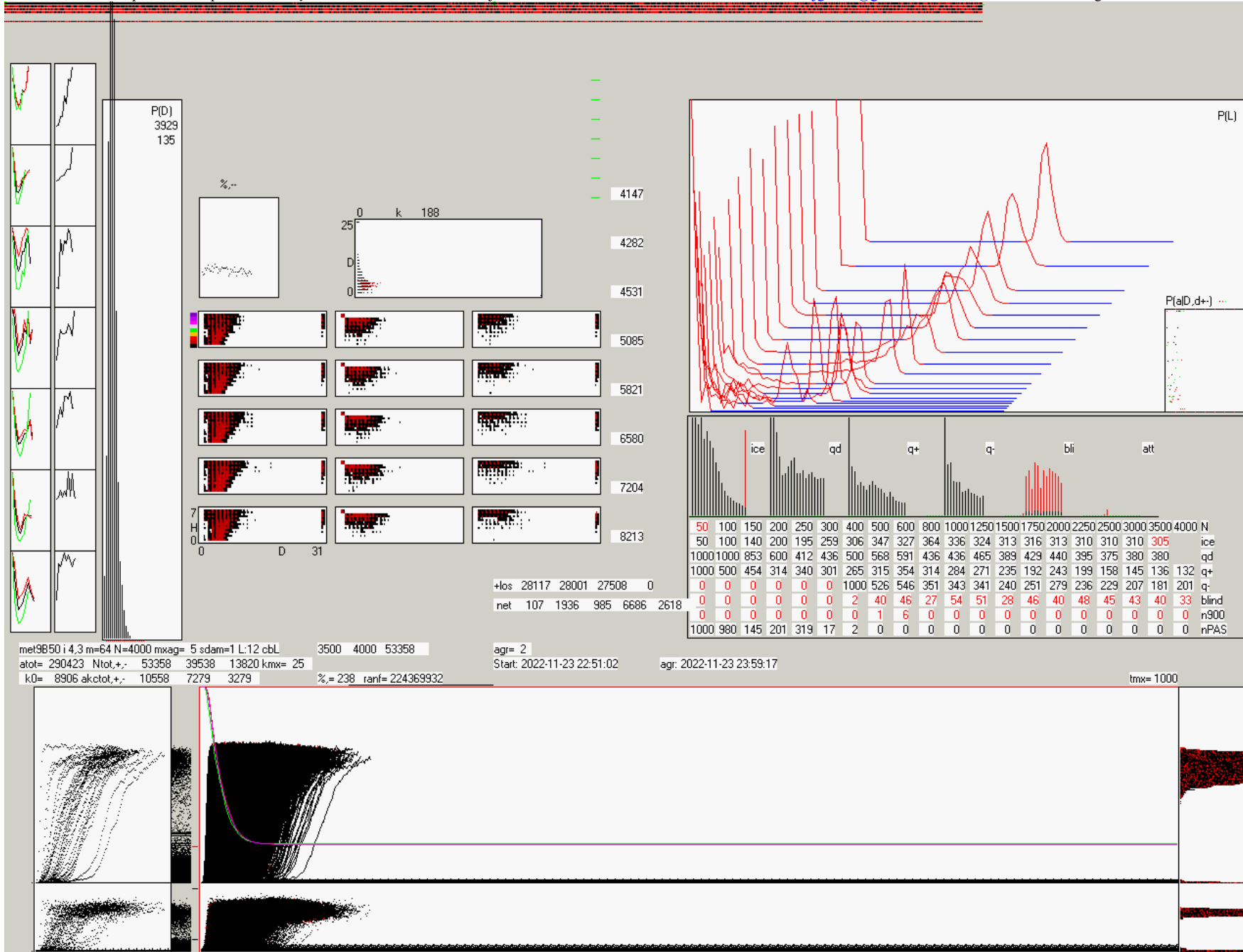
Plik tekstowy .bj3 do analizy w Exelu zawiera pełną informację o symulacji konkretnej sieci. Można je wczytać programem poprzez wejście Anal/45 po zmianie nazwy na 2-cyfrową liczbę w zakresie 20 i otrzymuje się ich zsumowaną postać wraz z trapezem i kompletem $P(L/d|M, *+-)$. Przed takim zsumowaniem warto jednak przejrzeć wyniki graficzne symulacji pojedynczych sieci i odrzucić przypadki szczególnie wyjątkowe.

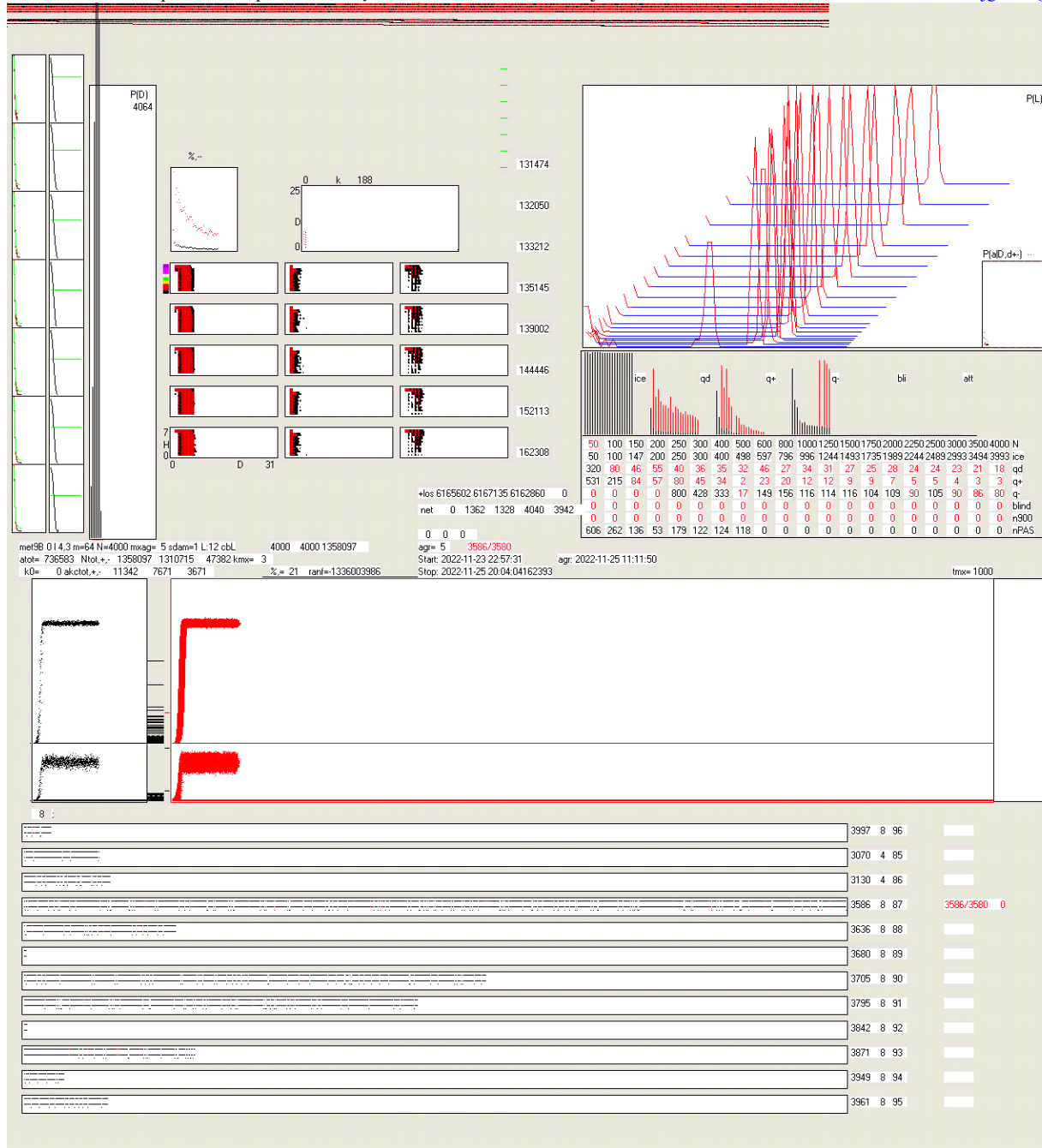


Rys.13. Ustawianie parametrów symulacji i start. Po wejściu w program ‘AGcpBL1’ należy wybrać w górnej linii ‘Param’, po czym ukazuje się taka tabelka ustawiania parametrów. U góry na białym tle pokazuje się dokonany wybór głównych wartości. Nie wszystkie możliwości są czynne. Np. linia druga %. skutkuje tylko w początkowej fazie dla sieci z odejmowaniem, dalej parametr ustawiany jest dynamicznie, natomiast 0 wyznacza brak odejmowania. W linii trzeciej ustawia się typ sieci w archaicznym opisie: tu nie działa aa i er, a warianty sf0 (poza wariantem f wskazanym przez %=0) i sf2 bardzo dawno nie były sprawdzane. Dalej typ głębokości należy pozostawić D1 także fn(in). Próg L (threshold) ustawiony jest na L=1, co można zmienić, ale nie ma powrotu do 1. Wybór damage simulation nie może przekraczać s-1, wartości 101 i 103 są nieczynne. Praktycznie FeedBacks =50 to program B a =0 opisywane było powyżej jako C. Jeżeli chcemy dosymulować więcej sieci, należy startować następną partię z inną początkową liczbą ‘ranf’, inaczej druga seria będzie taka sama jak pierwsza. Opis wersji programu znajduje się pod wybranym wariantem u góry.

Aby wystartować wybraną symulację należy wpierw zamknąć ‘Param’ by nie zostawił śladów na ekranie, następnie wybrać ‘ScFree’ w górnej linii menu, tam gdzie jest Param. Symulację można przerwać używając ‘Stop’ i wybierając jego formę – tylko wzrost tej sieci lub całej serii – powinny zostać wypisane wyniki. Po prawidłowym zakończeniu serii wyniki wypisują się same. ‘Anal’ pozwala na rozmaite podsumowania, z których większość zastępuje obecnie opracowanie w Exelu pliku .bj3. Tam też jest sumowanie plików bj3 poleceniem 45. Pozostałe pozycje menu są archaizmami, raczej nie działają.

Program napisany został w Pascalu przy użyciu kompilatora Delphi 12 działającego pod systemem Windows Professional XP, ale .exe skutecznie działa na systemie Win 10. Do jego kompilacji w zasadzie wystarczają ScFrAgGr.pas oraz Chprop.pas, ale wygodnie jest użyć całego kompletu z otoczeniem zawartego w [materiałach uzupełniających](#).





Rys.14. Ekran komputera uaktualniany dynamicznie, powyzej dla si 4,3, z boku dla al 4,3. Podstawowa metka symulacji to tekst od lewej 'met9B50 i 4,3 m=64 ...

mxag= 5 : zadana liczba sieci 5 do liczenia;
 sdam=1 : liczba inicjacji punktowych nodu (max = s-1);
 L:12 cbL : próg L=12, koszt cbL. Dalej 4 dynamiczne liczby: aktualne: początek przedziału N, N, prób, nr.agr. Dalej odnotowane na czerwono miejsce cofnięcia liczenia do wcześniejszego stanu. Pod krokodylami d oraz L widać paski parametrów przyczyn odrzucenia akceptacji po zbyt długim oczekiwaniu na akceptację. Jeden z nich doszedł do końca i nastąpiło to cofnięcie. Ntot: liczba prób; akctot: zaakceptowanych.

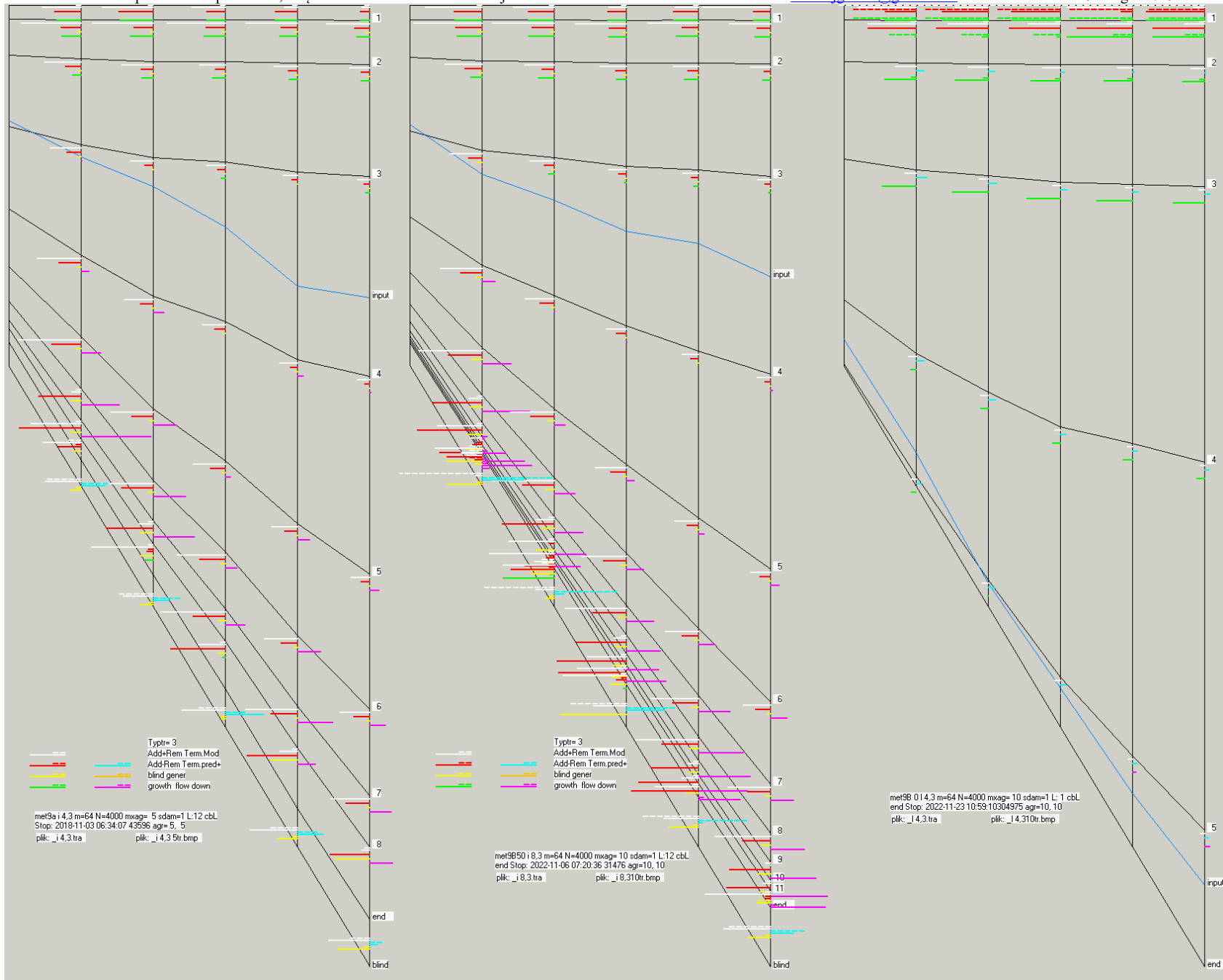
%.= promil prób odejmowania wyliczany dynamicznie, ta wartość pokazana na prostokącie u góry opisanym %.- czarnymi pikselami a w skali większej czerwonymi. ranf=: zadana początkowa wartość pseudolosowa.

Po lewej w 7 etapach (2-8, bez początkowego) kształty tendencji (2 kolumny) i chwilowy rozkład P(D). Dalej w 5ciu ostatnich etapach liczba zliczeń H i D dla -, +|a, -|a. To jest szerzej przedstawione na rys.19 dla alg.rev-ann. Nad nimi wystąpienie k i D; czarne – nody, czerwone – wejścia sieci.

Krokodyle opisane są w Bart z wieloma przykładami. Górny, wyższy to damage d(t), czerwony dla *, czarny dla wzrostu, wtedy na tle q(t|+-±) odpowiednio czerwone, zielone i buraczkowe, a po prawej liczba zakończeń na takiej wartości d czarne +, czerwone -. Dolny krokodyl - L(t). Po ich lewej krótki odcinek początkowy często czyszczony.

U samej góry 4 linie zaawansowania procesu pokazujące N po 1000 w linii, nieco niżej to samo, ale poziom obniżany w miarę czasu, co dla bardzo długich symulacji potrafi dojść poniżej pierwszej linii H/D, do pomiarów służą zielone wskaźniki (patrz rys.20). Po prawej prawie od góry: dynamiczny wykres P(L|M).

W jego prawym dolnym rogu P(a|*+)- odnotowane kolorowym punktem. Poniżej wykresy i tabela dla kolejnych M przedziałów N, także opisane już w Bart. Pod krokodylami linia zaakceptowanych atraktorów a niżej paski niespełnionych warunków po 1000 próbach od ostatniej kumulacji.



Rys.15. ‘Trapezy’ odpowiadają **rys.3.f** – najbardziej intuicyjnemu przedstawieniu działania tendencji strukturalnych. Tu przedstawione są zsumowane przykłady dla Asi4,3, Bsi8,3 przy progu $L=12$ i Cal43L1 (bardzo zbliżony do Aal43L12), wszystkie z kosztem cbL . Niestety, w zakresie późniejszych symulacji sieci $s?$ zarówno alg.rev-ann jak i alg.tmx możliwość tak prostego przedstawienia wyników występuje jedynie sporadycznie, dla wyjątkowych wyników. Głównym problemem są tu nody ślepe (blind, one nie posiadają określonej głębokości D) pojawiające się na każdej głębokości i powracające do różnych głębokości. Liczba nodów blind bywa spora, są one łatwe do odjęcia i ten obszar (bardzo niespójny, tworzący wiele niezależnych ‘jeziorek’) podlega najintensywniejszej reorganizacji. W przedstawionych trapezach został umieszczony na dole, poniżej ‘end’ – końca ‘normalnej’ sieci z określonym D . Drugim problemem jest szczególnie duża zmienność w wąskich przedziałach D trudna do przedstawienia. Tu użyto reguły: gdy skończył się zakres długości kreski wskazującej wielkość tej zmienności, to dodawana jest powyżej krótka kreska. Bywa jednak, że te krótkie kreski razem wystają daleko i zamazują wyniki obok. Trzecim problemem jest duża liczba aktywnych głębokości przy ich małej pojemności, co powoduje, że dolna końcówka przestaje być czytelna. Metodą na to jest obcięcie, tu np. na $D=8$, 11, 5, i zsumowanie większych głębokości w jeden, ostatni przedział. Automatycznie przy sumowaniu wielu symulacji obcina na $D=5$, co można skorygować ręcznie kliknięciem w pobliżu preferowanego obcięcia. Pojedyncze symulacje mają spory rozrzut wynikający z wyjątkowych własności powstałej struktury. Tu szczególnie wpływają spore, rosące moduły. Sumowanie takich wyników dające ‘uśredniony’ obraz jest nieco mylące, ale segregacja typów przebiegu symulacji wymaga ogromnej pracy i znacznie większej liczby symulacji – to zadanie dla następców, jeżeli takie badania będą ciekawe. Elementy dyskusji problemu sumowania można znaleźć w **Bart** oraz w dolnym rzędzie **rys.16**. Przedstawione tu trapezy należą do najbardziej czytelnych. Białe kreski przedstawiają sumaryczną zmienność (liczbę dodawań+liczbę odejmowań) w danym przedziale głębokości. Bilans dodawania i odejmowania pokazują: czerwona dodatni w lewo, niebieska ujemny w prawo. Podobnie żółta i pomarańczowa pokazują bilans wynikający z powstawania blind i przybycia z przedziału blind. Dalej zielona i buraczkowa pokazują przepływ nodów przez dolną granicę przedziału głębokości. Wielkość przedziałów D jest proporcjonalna do liczby nodów o takiej głębokości, jak pokazana jest po prawej przy dolnej granicy przedziału. Trapez podzielony jest pionowymi liniami na przedziały wzrostu N po 500 nodów, pominięte są przedziały początkowe, które mają inne reguły (patrz **rozd.9.1.2**).

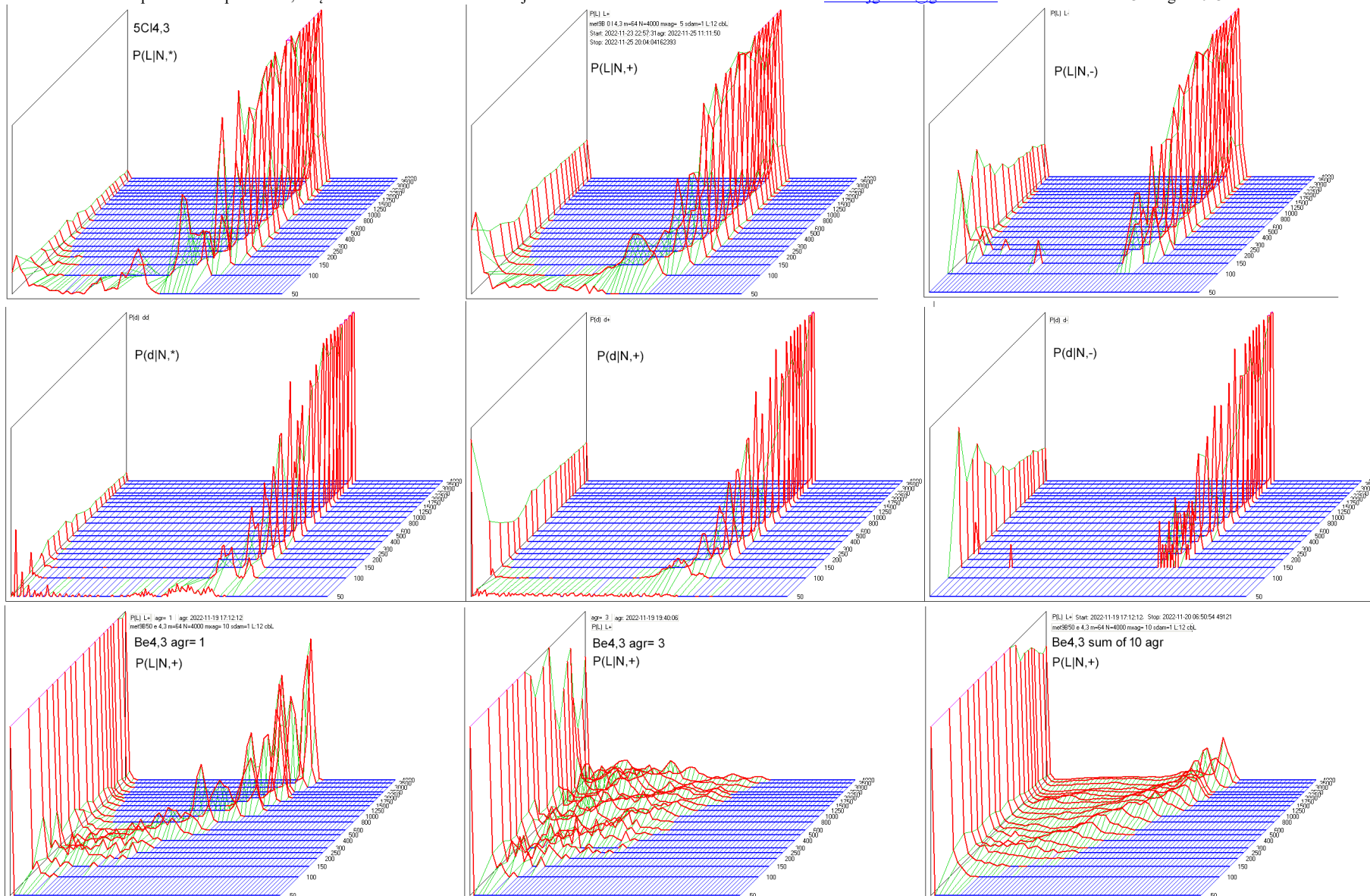
Istotną informacją jest pokazanie średniej głębokości wejść do systemu. Dla wielu jest zaskoczeniem, że nie są one na największej głębokości. Daje to nieoczekiwany obraz kolejności funkcjonalnej, szczególnie w sieciach $s?$, ale na razie nie widać lepszej miary tej kolejności. Ten obraz oddaje jednak rzeczywistość.

Zgodnie z przebiegiem wcześniej opisanych tendencji, w górnej połowie sieci na trapezach występują oczekiwane tendencje zmienności terminalnej, terminalnej przewagi dodawania nad odejmowaniem, wypierania wstecznego. W dolnej połowie jedynie sieć al posiada takie tendencje. W przypadku sieci al ostatni pokazany przedział to $D=6$, gdyż dla $D=7$ statystyka wynikająca z małej liczebności tego przedziału, jego znikania i pojawiania się podczas wzrostu daje całkiem nieadekwatne wyniki.

Znaczenie warunków w pasku.

Warunki kumulacji są różne w kolejnych programach. W pasku zaznaczane są niespełnione warunki pikselem czarnym dla dodawania i czerwonym dla odejmowania. Poczynając od górnej ramki paska co drugi wiersz pikseli pozostaje pusty, dodatkowo po 2, 5, , a kolejne wypełniane mają następujące znaczenie:

1. damage d wyszło powyżej progu gdy warunek d .
2. zmiana L wyszła powyżej progu gdy warunek L .
3. A3 powyżej progu gdy warunek d .
4. A1 powyżej progu gdy warunek d .
5. L3 powyżej progu gdy warunek L .
6. ct – transparency koszt dodawania.
7. cL – koszt dodawania.
8. atraktor ≤ 900 (A), 700 (B,C, D1,2) 25 (D3-6).



Rys.16. Komplet graficznych przedstawień $P(L/d|N, *+)$ dla sumy 5 C al 4,3 oraz suma i jej składniki na przykładzie $P(L|N)$ sh 4,3. Próg $L=12$, cbL . Jedynie sieć al nie tworzy zaburzających modułów, co pozwala uzyskać tak poprawny półchaotyczny obraz zsumowanej serii pięciu wzrostów sieci do $N=4000$. Półchaos jest tu ewidentny, choć lewy pik jest raczej skromny, ale jest widoczny. Warto porównać do [rys.2.e, f](#), gdzie pokazana jest sieć ak 4,3 zsumowana z 1600 agregatów liczonych algorytmem rev-ann. Wyraźne spłaszczenie pokazanej tam $P(L|N)$ wyjaśnione jest w [brj](#).

Dolny rząd pokazuje 2 składniki sumowania i sumę 10 sieci Bh43. Jak widać, suma zacierza wiele informacji: bywają przebiegi ładnie półchaotyczne, ale większość ma silny wpływ dużych modułów (agr 3 posiada wyraźne skośne grzbiety od rosnących modułów, w których jest chaos, ale pod progiem (dyskutowane w met8 rep2 i Bart). Tych grzbietów nie widać na sumie, gdyż były one w innych miejscach w różnych sieciach.

9.4.5 Sieć zz i zx z dodawaniem nodów o $k=2$, faza 2

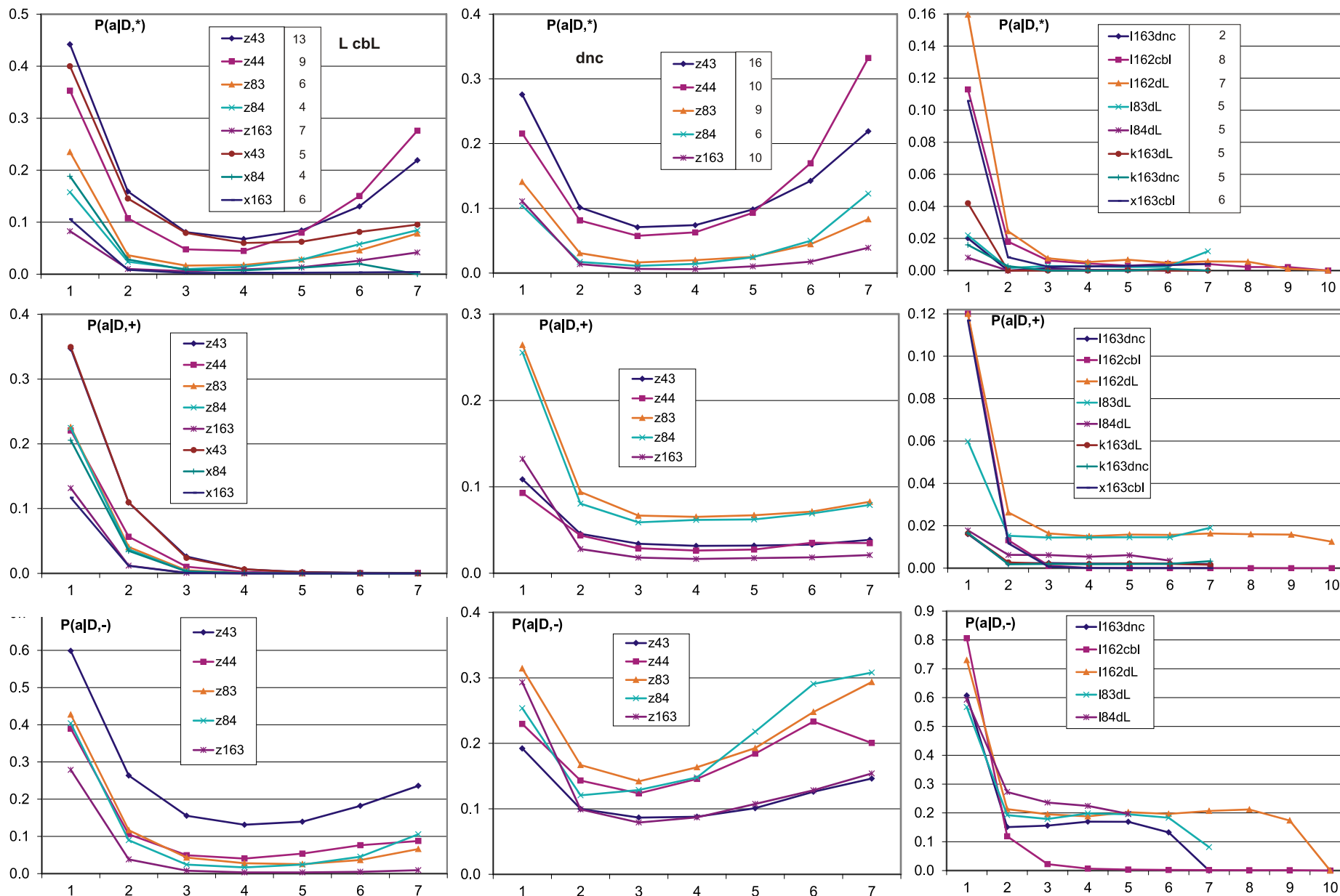
Sieć z? (rys.1) powstała jako rozwiązanie problemu 'k=1' w formule sieci s?, który dla większych głębokości D budował obszar o $k < 2$ wyraźnie upodabniając go do obszaru uporządkowanego (rys.11.2), co zaburzało obraz tendencji oddalając wyniki od oczekiwanych. Oczekiwanie to oparte jest o obserwacje prawidłowości w ewolucji ontogenezy, które miały wyjaśnić tendencje strukturalne. Koncepcja sieci z? polega na użyciu w sieci ss/si reguły przyłączania także drugiego wejścia tak jak pierwszego, czyli tak, jak jest to w sieci al dla $K=2$. Powoduje to, że $k=2$ bezpośrednio po dołączeniu nodu i problem wymuszonej obecności już od początku $k=1$ znika. Następne wejścia pozostają w regule sieci ss i si, więc sieć z? nie jest już aż tak prosta, jak a?. Także odejmowanie pozostaje tak jak w sieci s?, przez co $k=1$ a nawet $k=0$ mogą się pojawić, ale w znacznie mniejszej ilości. **Reguła ta nie jest prosta i trudno spodziewać się, że rzeczywista sieć będzie akurat taka, ale jestem przeświadczony, że rzeczywista sieć nie ma wymuszonego $k=1$ przy dołączaniu nodu, więc sieć z? jest istotnie bardziej adekwatna.**

Poszukiwania rzeczywistych reguł wzrostu sieci okazało się podstawowym elementem określenia możliwie adekwatnego modelu sieci opisującej organizm i jego ewolucję. Sukces sieci scale-free (sf) [Barabasi-Albert] polegał właśnie na wskazaniu właściwej reguły wzrostu dla ogromnej liczby rozważanych sieci. Wcześniej rozważana sieć 'Random' Erdős - Rényi [Erdos-Renyi] w ogóle nie miała reguły wzrostu. Moja sieć agregat automatów (aa) [dr] miała regułę wzrostu od początku, bo była ona konieczna w modelu, ale zarówno sf jak i aa nie są sieciami Kauffmana. Sieć sf nie jest z definicji skierowana i nie musi funkcjonować, to trzeba było dołożyć, a wtedy różnicują się linki wejściowe i wyjściowe. Wygodnie dla symulacji jest ustalić liczbę linków wejściowych K, wtedy tylko linki wyjściowe mogą spełniać regułę wzrostu sieci scale-free. Bywają prace, gdzie także wejściowe linki mają zmienne K i poddane są tej regule, w moich badaniach K jest ustalone. Sieć aa natomiast ma na każdym wyjściowym linku swój sygnał, który nie musi być jednakowy, przez co funkcja nodu ma wynik k-wymiarowy tak jak i K-wymiarowe wejście. W sieciach Kauffmana funkcja ma jednowymiarowy wynik – na wszystkie k wyjść podawany jest ten sam sygnał, który jednocześnie jest stanem nodu.

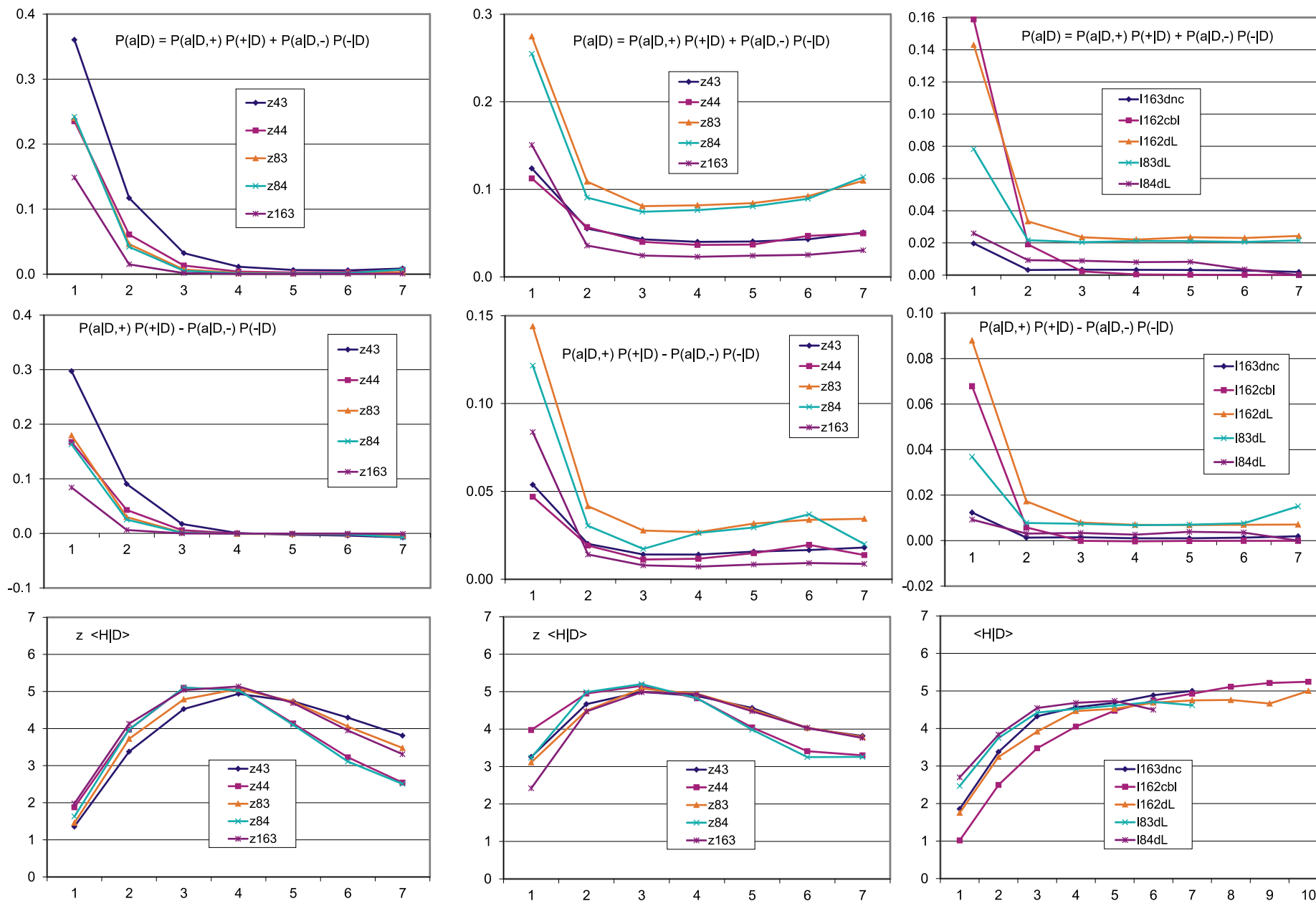
Jeżeli więc nie ogólnie przyjmowana za uniwersalną sieć sf poprawnie modeluje ewolucję biologiczną, a także nie spodziewamy się, że sieć zz, choć 'bardziej adekwatna' może być w tym aspekcie satysfakcjonująca, to jaka powinna być poszukiwana reguła wzrostu? **Obecnie jako główny drogowskaz przyjmuję wyraźnie występującą w ewolucji biologicznej regułę: 'najpierw powiel, później zróżnicuj' [Benio s292].** Jest to sformułowanie, z którym się w pełni zgadzam, zasłyszane od Bernarda Korzeniewskiego. **Zastosowanie tej reguły do symulacji wymaga jednak ogromnej pracy, której ja już nie zdążę wykonać, zostawiam więc ten wniosek dla następców.**

Rys.17. Tendencje w sieciach o regule wzrostu nie wymuszającej $k=1$, tj. zz, zx, al, ak.

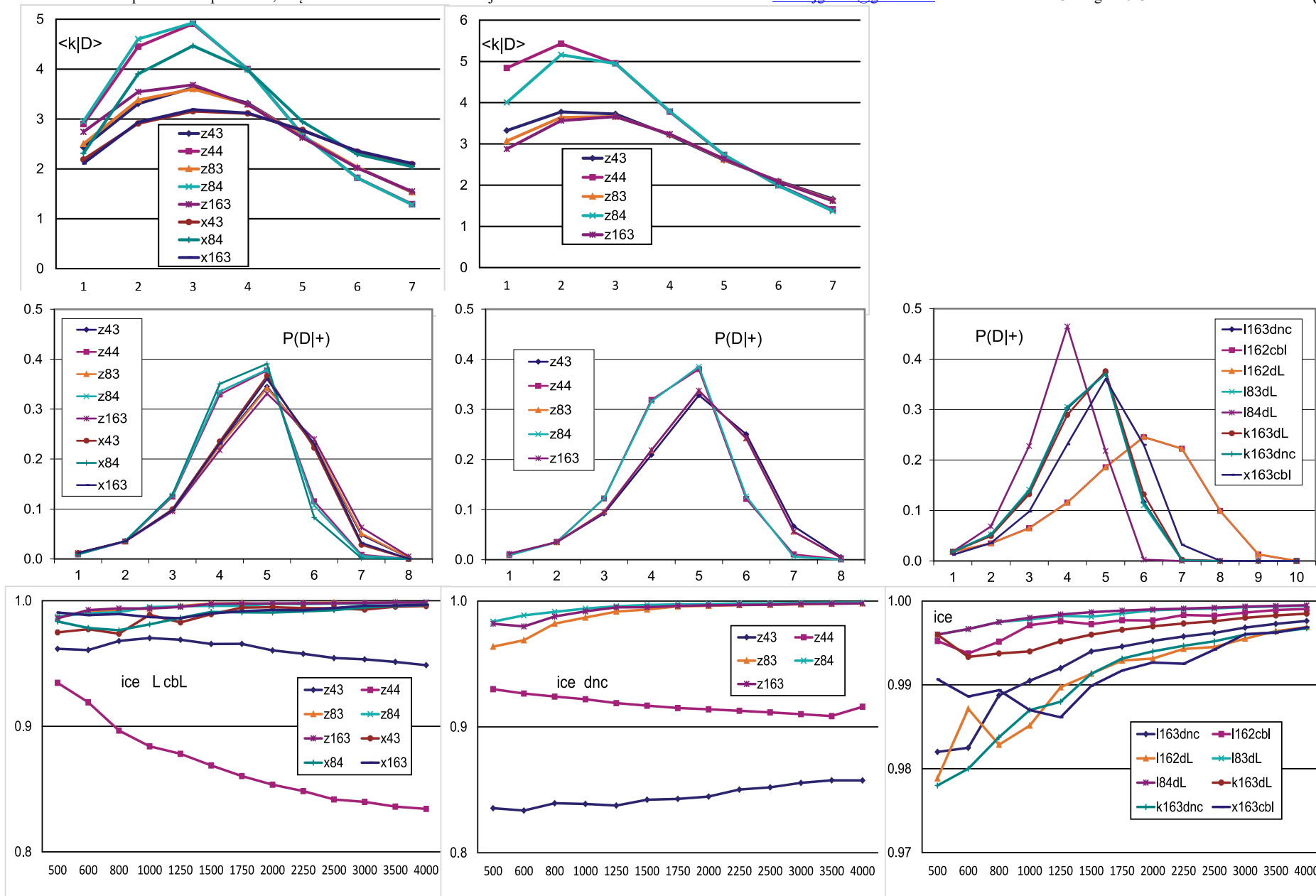
W pierwszej kolumnie zz, zx L cBL, w drugiej zz dnc, w trzeciej al, ak LcbL, dnc, d&L. W pierwszym wierszu podane liczby sieci zsumowanych w tej kolumnie, wybrane ze zbioru symulowanych sieci o danych parametrach: typ, s,K, warunek małej zmiany (L, d, d&L), ale osiągające poblizko $N=4000$, zaznaczone żółtym tłem w spisie fazy 2.



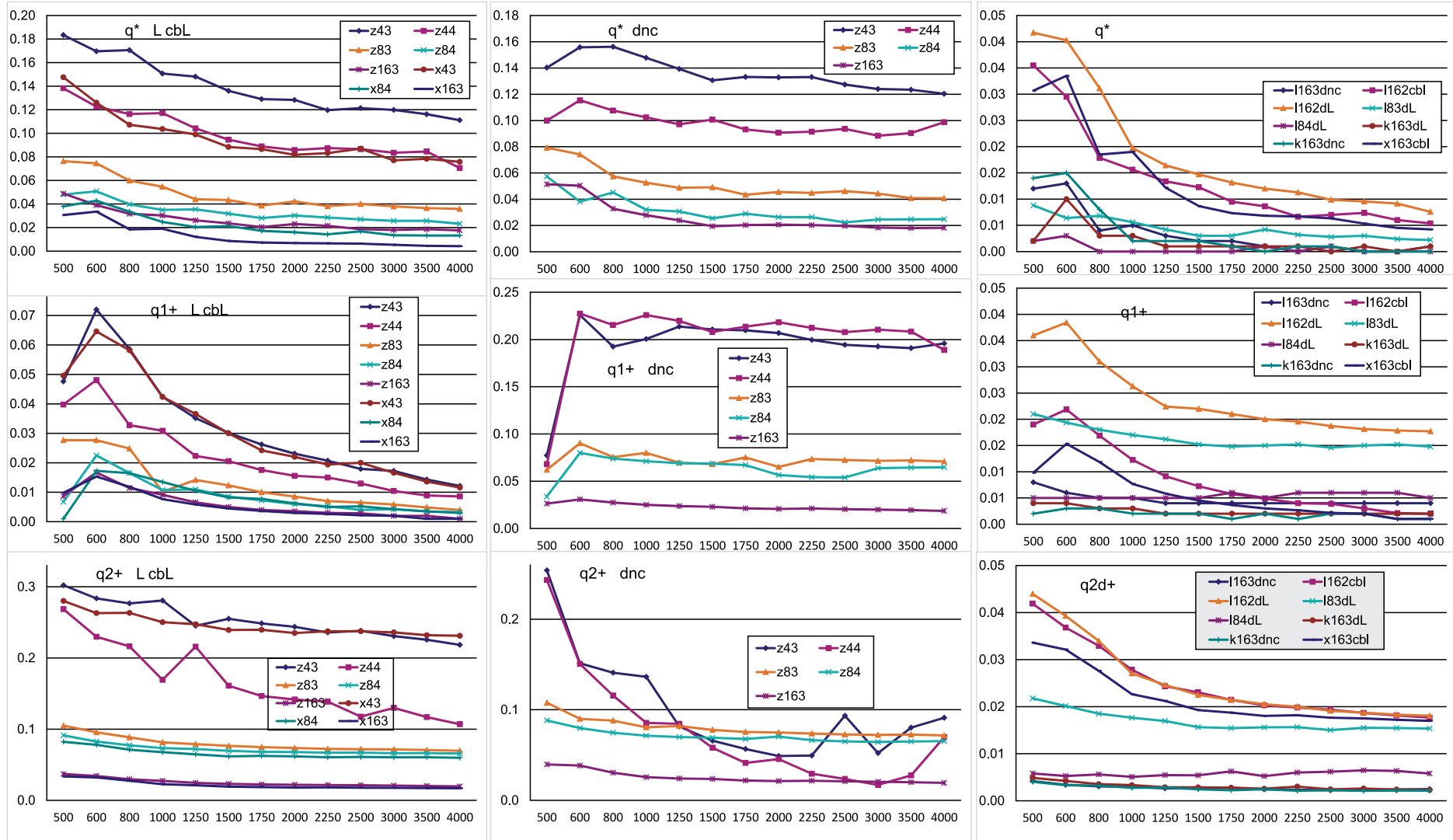
Rys.17.1. Podstawowe tendencje $P(a|D,+)$. Użyty zakres D uzasadnia rys.17.3. Najważniejszym wynikiem jest tu $P(a|D,+)$ gdzie oczekiwana tendencja występuje w ‘pięknej’ postaci, jednak niepokojem napawa obraz $P(a|D,*)$, który zwykle był dotąd niemal identyczny z $P(a|D,+)$, a tu dla z? nie jest.



Rys.17.2. Podstawowe tendencje: zmienności terminalnej $P(a|D)$ (silna), terminalnej przewagi dodawania nad odejmowaniem (silna) i upraszczania obszarów wczesnych (tu bywa że ślala sięga wartości ujemnych, ale niewiele) oraz zgodność kolejności funkcjonalnej i historycznej ($<H|D>$, lepsza niż dotąd, ale dobra jedynie dla aI).

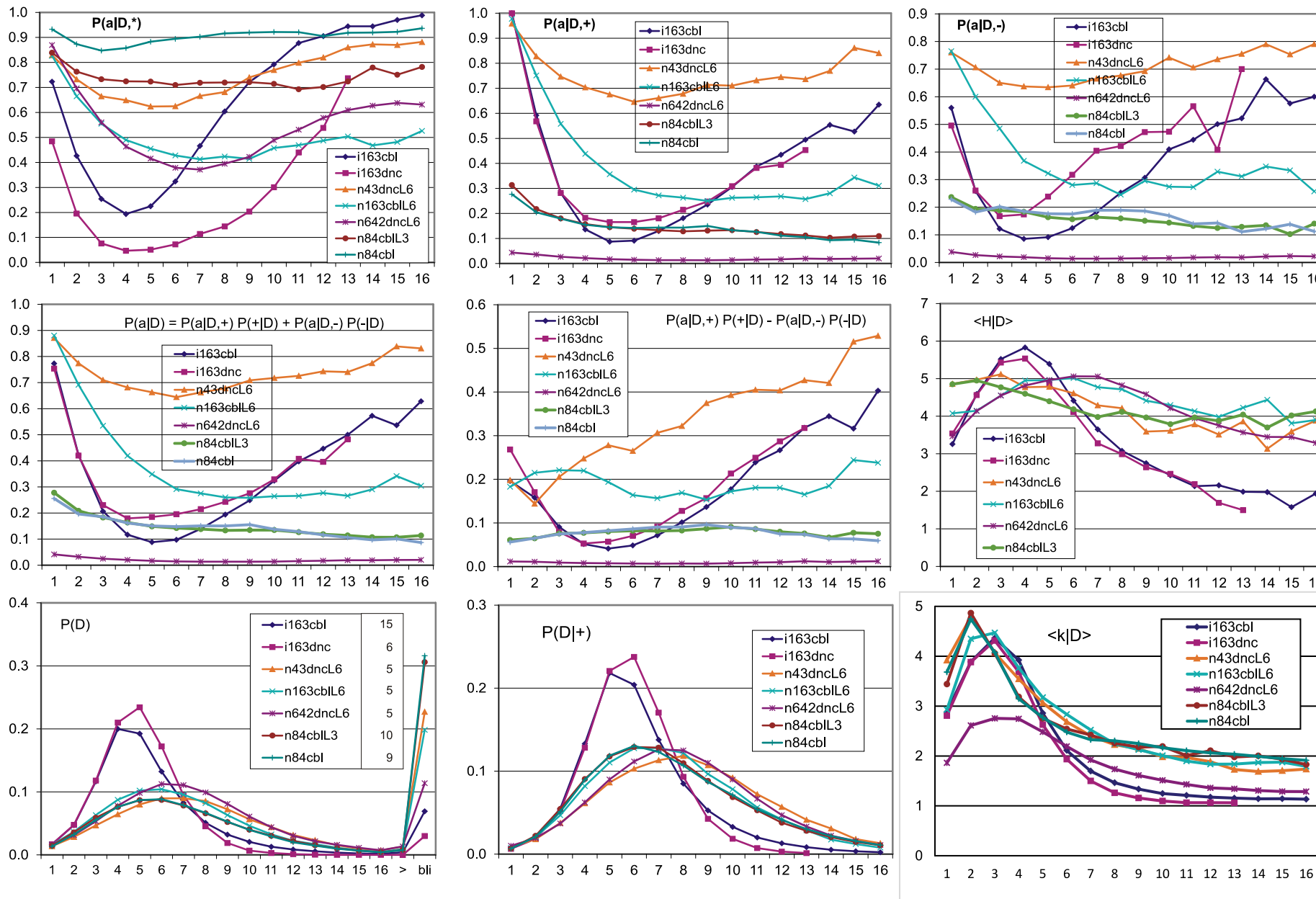


Rys.17.3. Podstawowe parametry sieci w aspekcie tendencji: rozkład k od głębokości D opisującej kolejność funkcjonalną, rozkład D podczas dodawania nowych nodów (wie linii pokrywa się), udział lodu w sieci podczas wzdrostu (zależność od N w kolejnych etapach M , **uwaga:** skala zaczyna się nie od 0).

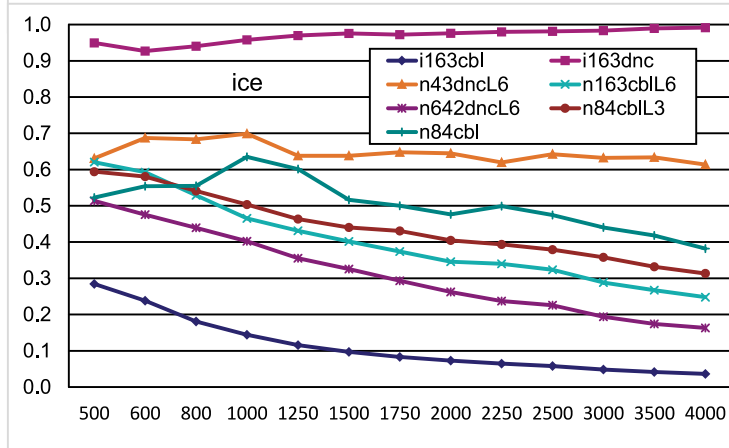
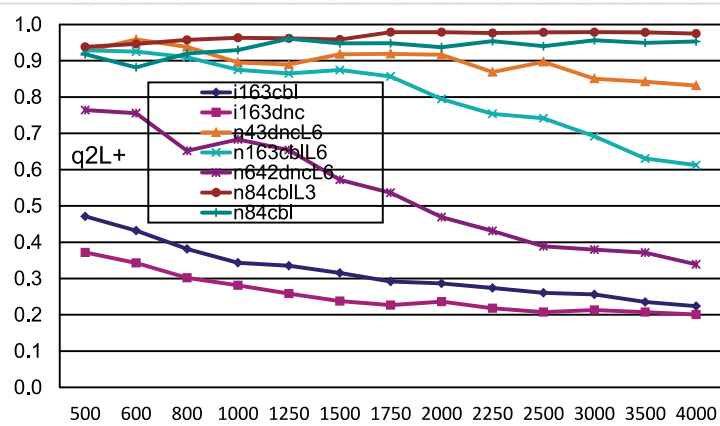
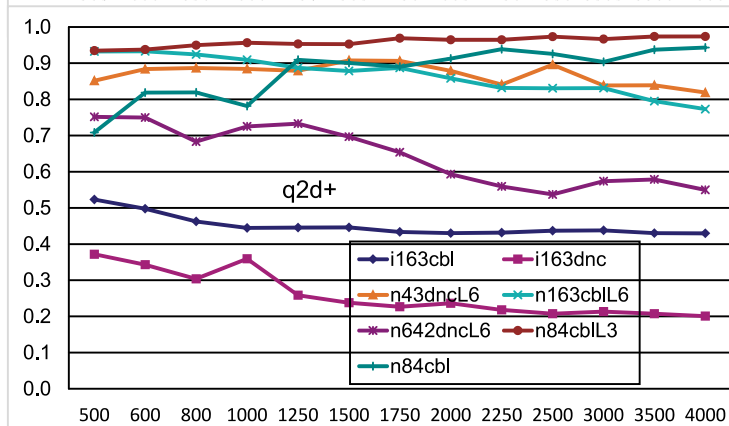
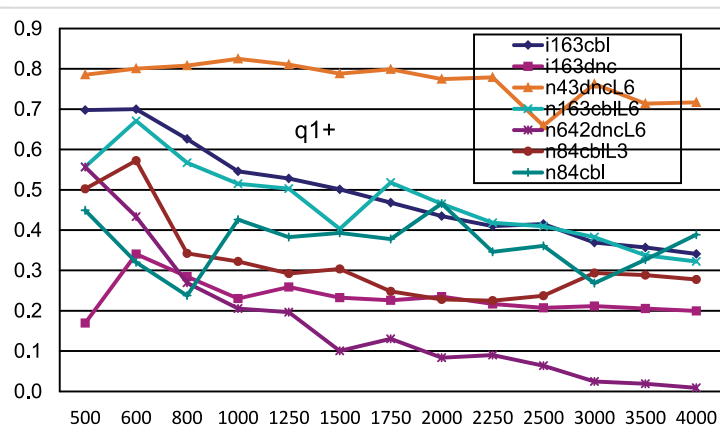
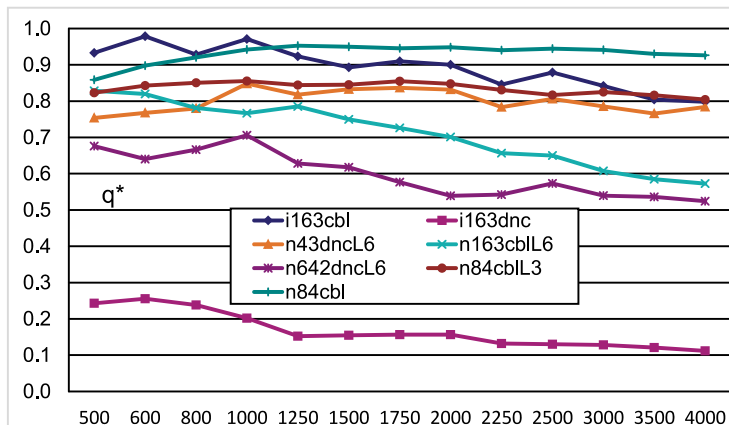


Rys.17.4. Stopień uporządkowania q podczas ewolucyjnego wzrostu sieci. q^* - podczas badania niekumulowaną zmianą punktową funkcji po zakończeniu kolejnego etapu M, obrazuje uzyskany stan sieci w aspekcie odporności na małe zaburzenie. $q1+$ - realny stopień kumulacji podczas dodawania wynikający oprócz warunku małej zmiany także z wielu dodatkowych ograniczeń podczas dodawania, takich jak: koszt dodawania, zabronienie zbyt dużych i zbyt małych atraktorów. $q2+$ wynika z warunku małej zmiany zdefiniowanej wysokością progu. q zwykle, jak widać, maleje ze wzrostem sieci, co jest istotne w aspekcie ewolucyjnej stabilności półchaosu. Tu najczystszy wniosek daje $q2+$ dla z dnc, jednak i tu, szczególnie dla $s=4$ do $N=2000$ widać silny spadek, a dalej mimo dużej statystyki (ilości sieci) występują silne fluktuacje. Pozostałe $s=8$ i $s=16$ zarówno cbL jak i dnc mają gładkie przebiegi bardzo powoli malejące. Można oczekiwać, że dla większych N następuje ustabilizowanie poziomu, ale osiągnięcie większych N , jak widać z tabel 1 i 2 oraz rys.6 nie koniecznie jest łatwe, co może wynikać z dodatkowych uwarunkowań niż jedynie mała zmiana. (Porównaj z rys.7).

9.4.6 Tendencje w sieciach nn z niższym progmem, sieć si z programami D, faza 2



Rys.18. (na 2 kolejnych stronach) Tendencje otrzymane dla sieci nn, si programami D. W przypadku sieci nn z obniżonym progmem $L=6$ i $\epsilon=3$, dla porównania także z



typowym progiem $L=12$ sieć $n8,4$ cbl liczona programem A. W przypadku i $16,3$ cbl wyniki dla 10 sieci liczonych programem A i 5 sieci progr.B były tak podobne, że zostały złożone. Pozostałe liczone programami D (patrz tab.1 i 2). Na pierwszej stronie tego rysunku pokazane są tendencje a w dolnym rzędzie liczby zsumowanych sieci. Różnica pomiędzy si $16,3$ cbl a dnc, największa dla $P(a|D,*)$, nie wynika z różnic programów. Ważnym czynnikiem jest tu różnica w $P(D)$. Najważniejsze tu określenie wpływu zmniejszenia progu z $L12$ na $L3$ możliwe jest dla $n,8,4$ cbl. Jak widać, różnica występuje jedynie dla $P(a|D,*)$ natomiast dla $P(a|D,+)$ i $P(a|D,-)$ wyniki pokrywają się, jak i dla pozostałych, tu nie pokazanych wariantów z $L6$ i $L12$. Stronę pierwszą należy traktować więc jako uzupełnienie rys.9.7. Szczególnie wielkie fluktuacje na wykresie $q1+$ są wynikiem omawianych na rys.5.10 ograniczeń atraktora i trudności z ich pokonaniem szczególnie silnie występujących w sieciach $n?$. Takich fluktuacji nie ma na wykresach $q*$ i $q2+$. Pierwsze porównania $q2+$ wykonane na podstawie danych z $P(d|M,+)$ ($q2d+$) i $P(d|M,+)$ ($q2L+$) pokazywały ich identyczność, tu jednak wystąpiły różnice, więc zostało to pokazane.

9.5 Uzupełnienia badań algorytmem rev-ann

Sieci $s?$ (sf,ss,sh/se,si) dały wyniki tendencji odmienne (jak już wspomniałem) od oczekiwania, którego podstawą była obserwacja ewolucji biologicznej. Głównym powodem było wygasania zmian na większych głębokościach D. Już w trakcie publikacji [ggec](#) przyczynę tej sytuacji upatrywałem w regule dodawania nodu do sieci – dodawany nod zawsze musiał mieć $k=1$, co ułatwiało wygaśnięcie damage inicjowane takim dodaniem, tym bardziej, gdy dodanie to posyłało zmieniony sygnał także zazwyczaj do nodu o $k=1$ i gdy droga do wyjść była dłuższa. Powodowało to powstawanie na większych głębokościach obszaru z $k=1$, ogólnie obszaru o znacznie mniejszym średnim k . To natomiast wydawało się, że prowadzi do współczynnika rozmnazania zmiany $w < 1$ dla tego obszaru sieci, czyli obszaru uporządkowanego, gdzie zmiana zwykle wygasa. Jak jednak widać na [rys.11.2](#), przejście poniżej $w=1$ odgrywało tu małą rolę, raczej należy przyjąć, że wystarczyła bliskość tego przejścia fazowego wraz z innymi czynnikami, to jednak okazało się dopiero ostatnio. Metodą na to niepożądane zjawisko był koszt posiadający dobrą interpretację, który rzeczywiście w algorytmie rev-ann radykalnie pomógł uzyskać oczekiwane tendencje. Wtedy wydawało się to dostatecznym rozwiązaniem, ale gdy w algorytmie tmx podczas symulacji $met9$ substytutu kosztu okazały się nieskuteczne (patrz [rozdz.9.4](#)), problem powrócił. Powstały pytania: czy rzeczywiście dodawanie musi wprowadzać $k=1$ a nie większe? Jak wygląda bardziej adekwatna reguła wzrostu w ewoluującym organizmie biologicznym lub ‘jakby-biologicznym’ – takim jak wielka instytucja? Tu okazało się, że [podstawową regułą wzrostu złożoności organizmu jest: „powiel moduł, a następnie zróżnicuj zadania”](#) [Benio]. Taka reguła trudna jest do implementacji w sieciach Kauffmana i musi być odłożona na dalsze badania przez następców, jednak wyraźnie jest inna od reguły dla sieci $s?$. Moduł taki niewątpliwie ma spore k , ale większość tych linków posyła sygnały podobne do podobnych odbiorców, jednak $k=1$ jest tu skrajnością. W tej sytuacji znaczenia nabrały istotnie prostsze sieci $a?$, czyli praktycznie **sieć al pomijana dotąd w głównych rozważaniach**. Symulacje tej sieci były szczególnie czasochłonne i wykazywały istotnie silniejsze ‘ograniczenie wzrostu’, ale podczas ich ewolucji nie mógł powstać podobny obszar sieci o parametrach uporządkowanych bo k było stałe.

Drugim, mniej istotnym uzupełnieniem było **pokazanie wyników dla $K > 2$** , gdyż dotąd tendencje nie były pokazywane dla alg. rev-ann i $K > 2$.

9.5.1 Wykonane symulacje

Obecnie (r.2022) wykonane zostały dodatkowe symulacje wymienione w [tabelkach 3 i 4](#).

W tych symulacjach zawsze stosowane było D1 ([rozdz.9.2.1](#)), tak jak w symulacjach algorytmem tmx , nie zaznaczane to było w opisach gdzie stosowane jest tylko D.

W opisach poniżej długie wyrażenia: $P(a|D,+)P(+|D) + P(a|D,-)P(-|D)$ zastępuję przez $PP+PP$, oraz $P(a|D,+)P(+|D) - P(a|D,-)P(-|D)$ zastępuję przez $PP-PP$.

Tabela 3. Zestawienie wykonanych symulacji uzupełniających algorytmem rev-ann głównie dla $K > 2$, dotyczących sieci al z dodatkiem $ak16,3$.

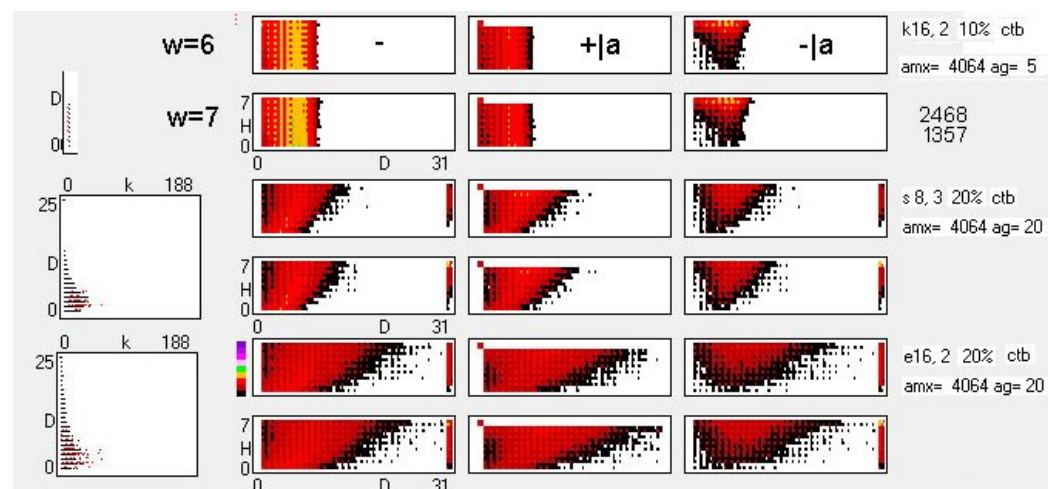
Oznaczenia: Jak zwykle typ sieci opisany drugą literą; **c** oznacza pełny koszt, czyli podobieństwo b do ideału (co odpowiada fitness, patrz [R2gec](#)) zwiększa się dla dodawania, a nie zmniejsza dla odejmowania. **ctb** – koszt ‘transparency’ i ‘blind’ jednocześnie, **nc** - brak kosztu (patrz [rozdz.9.1.4](#)). **w** – b wagowe, w pozostałych przypadkach b proste (patrz [R2gec](#)). Za znakiem ‘-’ (minus) podany % odejmowań (zmian inicjujących damage polegających na odjęciu nodu). **Żółte tło** wskazuje maksymalną liczbę nodów sieci $N=2000$, a **zielone $N=4000$** . Liczby podają ile sieci o tych parametrach było symulowane a ich wyniki zsumowane. Przyjęta liczba sieci wynika z długości symulacji, a ta ma związek z liczbą prób i wielkością statystyki. Oczywiście ‘162’ znaczy $s,K=16,2$ jednak na rysunkach i wynikach stosowane jest 162.

Wyniki i ich opracowanie w postaci wykresów (każdy z tych wariantów ma: $P(a|D,+)$; $P(a|D)=PP+PP$; $PP-PP$; $P(D|+)$ oraz $P(a|H,-)$) zawiera plik [21.xlsx](#) w [materiałach uzupełniających](#) podsumowane w [/Summary](#), gdzie ułożone są tak, jak w tabelce. Przykładowe wyniki pokazuje niżej [rys.21](#).

net al	42	43	44	82	83	162	163
c-1 $N=2000$	1	1	1	1	1	1	1 42w
cbt-10 $N=4000$	1	20	10	20	5	5	1l,1k,5knc-1
nc-10 $N=4000$		20	10	20	5	5	1l83ctb-10w

Tabela 4. Zestawienie wykonanych symulacji uzupełniających algorytmem rev-ann dotyczących sieci sh i si. Opis jak do tab.3. Wyniki w postaci wykresów zawiera plik 22.xlsx podsumowane w arkuszu /Sum_hi w materiałach uzupełniających, gdzie ułożone są tak, jak w tabelce. Przykładowe wyniki pokazuje niżej rys.22.

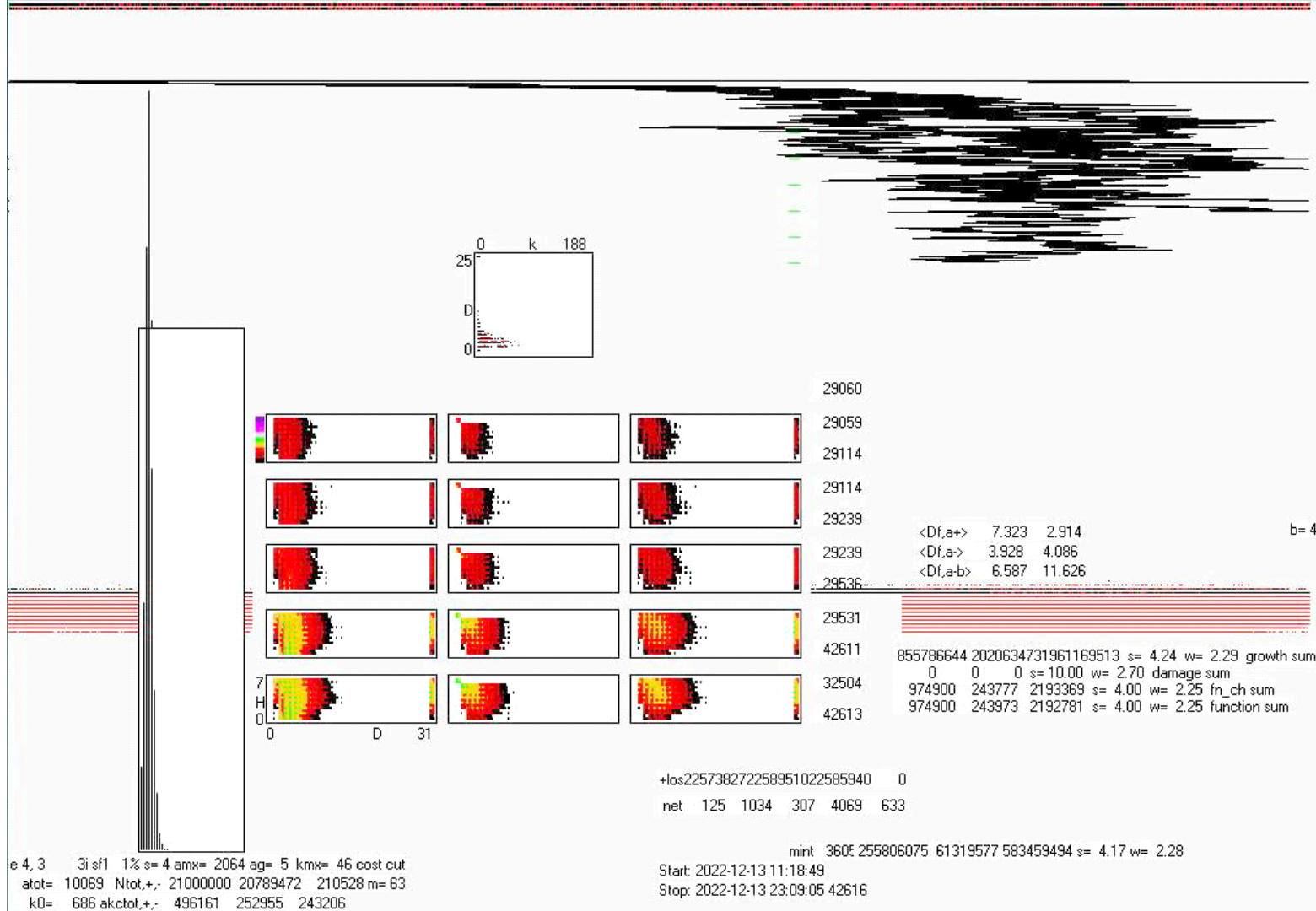
nets sh, si			43	44	83	84	162	163
c-1 N=2000	h		5	1	1	1	1	1
	i		5	1	5	1	1	1
ctb-20 N=4000	h		20	10	20	10	20	20
	i		20	10	20	20	20	20



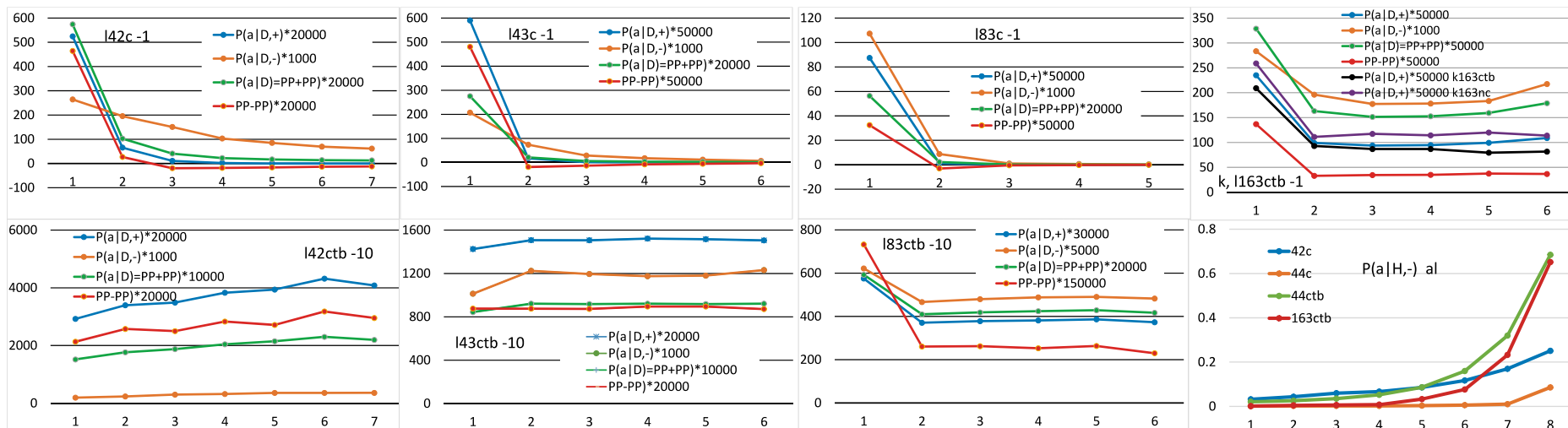
Rys.19. Jest to wyciąg z dumpów dynamicznego ekranu przedstawiający głównie zależność H i D (kolejności Historycznej i funkcjonalnej) w postaci zliczeń występowania danej pary wartości H i D. Zliczenia te przedstawiane są w postaci prostokąta, w praktyce kwadratu 4*4 piksele, jednak 2 piksele w pionie oznaczają 1 zdarzenie. Z prawej drugiego rzędu cyfry 1-8 pokazują dodawanie kolejnego piksela określonego koloru (tabelka z lewej przedostatniego rzędu). Po wypełnieniu ośmiu pozycji nakładane są piksele następnego koloru od pozycji 1. W pionie od lewej: każde próbowane odejmowanie, środek - zaakceptowane dodawanie, z prawej – zaakceptowane odejmowanie. Stan sieci pokazuje więc lewa kolumna. Wyniki pokazane są tu dla dwóch ostatnich okresów (w=6 i 7) wzrostu po 500 nodów. Pokazane są wyniki dla 3 sieci: al 16,2 z 10% odejmowaniem, si 8,3 i sh 16,2 z 20% odejmowaniem, koszt ctb, maksymalne N=4000 (+64 wyjścia). Oznaczenia sieci k, s, e dla al, si, sh według archaicznych reguł zawartych w programie. Dla sieci al zależność od H występuje jedynie dla

odejmowania zaakceptowanego, co potwierdza $P(a|H,-)$ na rys.21 (tu H jest numerowane 0-7, na wykresach 1-8, gdzie 8 jest najnowsze). Dla sieci si i sh stan sieci i zaakceptowane dodawanie ma podobny wygląd, ale stare nody są płytko a młode raczej głębiej, co jest odwrotną zależnością od oczekiwanej zgodności obu kolejności. Dodatkowy przykład jest w następnym rys.20 dla sh 4,3c-1, patrz też rys.14. W przypadku kosztu można zauważyć pewne symptomy obecności tej zgodności. Całkiem z lewej pokazany jest dynamicznie prezentowany rozkład $k(D)$, czerwone punkty dotyczą wejść sytemu. Oczywiście dla al z $K=2$ także $k=2$, a $k=0$ nie posiada D.

Fixc Ranc PlotAggr 500 5000 Anal r_i ScFree Sfkdistr Pab Param



Rys.20. Dynamiczny ekran z symulacji
 5sh 4,3c-1 N_{max}=2000.
 Jak widać ostatnia sieć nie osiągnęła takiego N, zabrakło 251 nodów.
 U góry są 2 linie po 1000 pikseli pokazujące zaawansowanie N, ale są one zamazywane kolejnymi sieciami.
 Niżej podobnie, ale co określony czas poziom obniżany jest o 1 piksel. Pierwszy 1000 wszystkie agregaty (sieci) osiągają dość szybko ale drugi 1000 już z trudem – 4 dotarły, piąty już nie, został przerwany po 21 milionach prób. W symulacjach alg.rev-ann % odejmowań jest ustalony, co jest główną przyczyną ograniczenia wzrostu sieci (**Sgec**) widocznego w tym eksperymencie szczególnie wyraźnie. Tu czas liczenia wyniósł prawie 12 godzin. Jak widać, w ostatnich dwóch okresach zliczeń HD jest istotnie więcej (por. rys.19).



Rys.21. Przykładowe wyniki z uzupełniających symulacji sieci al algorytmem rev-ann w zakresie tendencji strukturalnych.

Skale są dobrane tak, by najdokładniej porównać kształt otrzymanej zależności a nie jej wartości, gdyż kształt odmienny od poziomej prostej wskazuje obecność tendencji. [21.xlsx /Summary w materiałach uzupełniających]

W symulacjach z **kosztem pełnym** opartym na poprawie fitness (doskonałości b) przy dodawaniu nodu, a przy odejmowaniu fitness nie musi rosnać, (c-1), oczekiwane **tendencje występują silnie**.

W symulacjach bez kosztu pełnego, tj. z **kosztem ctb** (ctb-10) jak i bez kosztu (nc-10), dla $s=4$ (4,2 4,3 4,4) **brak jest oczekiwanych tendencji**, pojawiają się od 8,2 i nasilają się dla 8,3 16,2 16,3. W przypadku al 16,3 ctb trzeba było zredukować użyte wcześniej dla ctb 10% odejmozań do 1%. Ograniczenie wzrostu nie pozwoliło na uzyskanie wyników dla N zbliżonego do 2000 dla 16,3c. Jak widać, $P(a|D,+)$ dla sieci ak ctb i nc niewiele się różni od al ctb, jednak i dla sieci ak 16,3c nie udało się uzyskać dostatecznego N mimo braku odejmowania.

Opis wyników zawartych w 21.xlsx /Summary w materiałach uzupełniających.

Dla al c-1 tendencje są zawsze poprawne, tylko dla 4,2w $P(a|D,-)$ problematyczne. PP-PP (przewaga dodawania terminalnego nad odejmowaniem) <0 dla $D>1$ (>4 dla w).

Dla al ctb-10 dla 4,2 słabe odwrotne, dla 4,3 tendencji brak, dla $s>4$ (tj.8,2; 8,3; 16,2) tendencje są wyraźne, choć dla małych D. Jednak $PP-PP>0$.

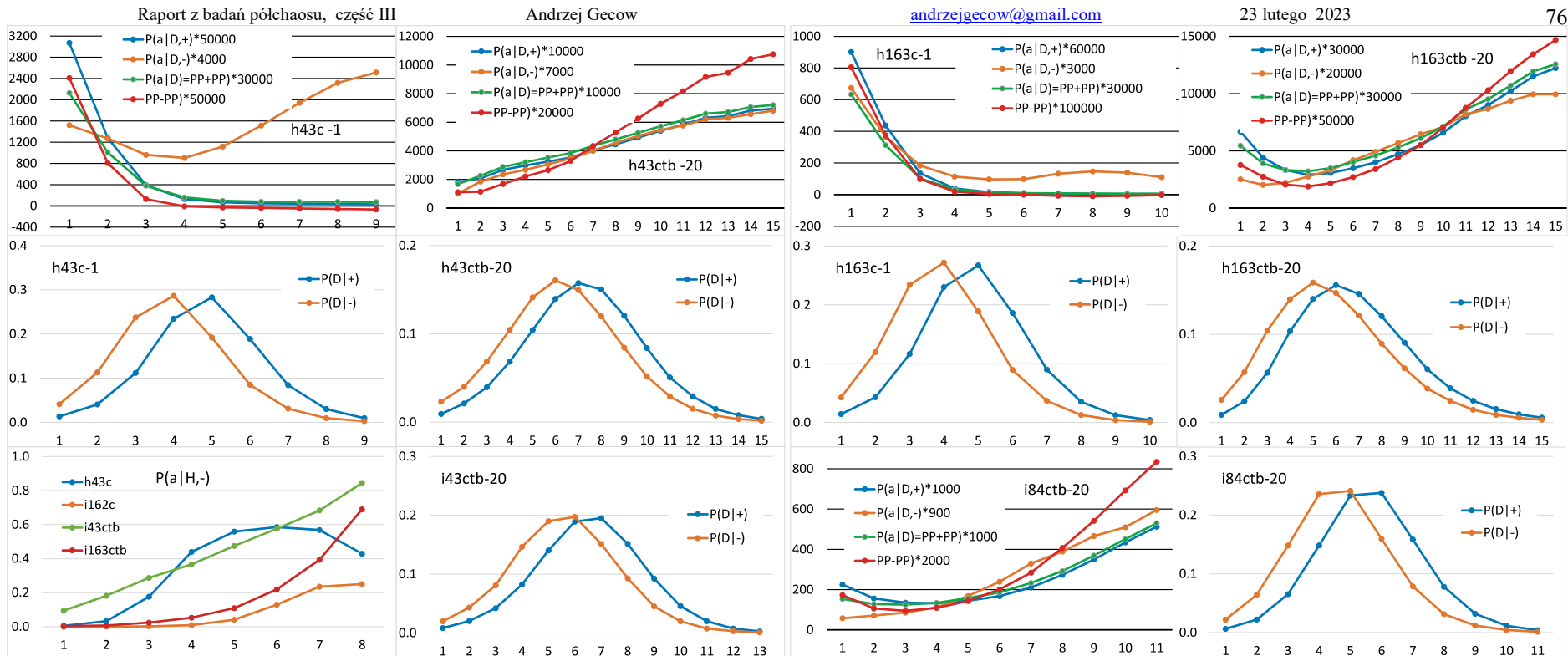
$P(D|+)$; $P(D)$ pokrywają się. Dla al 8,3w ctb $P(a|D,-)$ silnie odwrotna tendencja = dla $D>1$ prawie 0.09, dalej blisko 0.1 gdy dla $D=1$ 0.04, co daje brak tendencji $P(a|D)$.

Dla sh i si ctb i nc wyniki są podobne do siebie – brak poprawnych tendencji, są odwrotne! Zawsze $P(D|-)$ przesunięte w lewo o 1 w D.

Dla si 8,3 ctb i n liczone po 2 agr, wyniki są bardzo zbliżone.

To podpira wniosek, że wygasanie głębokie z powodu $k=0$ i $k=1$ daje główny efekt w sh i si przykrywając tym poszukiwane tend obserwowane w ewol.

Te wyniki są podobne do otrzymanych w algorytmie tmx.



Rys.22. Przykładowe wyniki z uzupełniających symulacji sieci sh oraz si algorytmem rev-ann w zakresie tendencji strukturalnych dla większych K. Pełny zestaw zgodnie z tab.4 zawiera plik 22.xlsx w arkuszu Sum hi w materiałach uzupełniających. Skale są dobrane tak, by najdokładniej porównać kształt otrzymanej zależności a nie jej wartości. Symulacje z pełnym kosztem i odejmowaniem 1% (c-1) dają zdecydowane tendencje w całym zakresie badanych parametrów s,K. Wyniki dla sieci si są bardzo zbliżone do sh, mają nieco mniejszy zakres P(D|-) i minimalnie silniejsze tendencje. **W algorytmie tmx substytut cBL pełnego kosztu opartego na adaptacji daje radykalnie inne wyniki – tzn. okazuje się słabym substytutem.** Tendencje w kolejności funkcjonalnej przybliżonej głębokością D1 (w opisach D) mają dla minimalnego kosztu ctb całkiem inną postać niż z pełnym kosztem, są minimalnie ‘lepsze’ niż całkiem bez kosztu. Dla małych s,K są dokładnie odwrotne od oczekiwanych, dopiero dla 8,4 pojawia się początkowy spadek w P(a|D,+), obecny dalej nieco silniej w 16,2 i 16,3. Wyniki algorytmu rev-ann są w tym zakresie nieco ‘gorsze’ (w sensie oczekiwanych tendencji) niż w alg.tmx, jednak z grubsza podobne. Różnią się szczególnie dla małych s,K, gdyż w alg.tmx nawet 4,2 wykazuje wyraźne minimum a 4,3 wygląda już prawie jak pozostałe, większe s,K. Wyniki te pokazują, że przewidywany mechanizm tworzenia tendencji strukturalnych oparty na kolejności funkcjonalnej i stożku wpływu daje przewidywane efekty, ale są to efekty wyraźnie słabe, słabsze od skutków innych mechanizmów występujących jednocześnie, w tym głównie od wpływu k=1 jako obligatoryjnego stanu nodu w chwili dodania do sieci. Tego warunku nie ma sieć al co pozwala na obserwację efektów słabszych mechanizmów.

Tendencja $P(a|H,-)$ (zmienności terminalnej w sensie kolejności Historycznej) występuje silnie w każdym wariancie parametrów s,K i kosztu. Tu $H=8$ to najmłodsze, czyli ostatnio dodane. Należy pamiętać, że w sieciach s? z biegiem czasu statystycznie rośnie k nodu, co prowadzi do powstawania hubów. Oczywiście akceptacja odjęcia nodu z większym k jest znacznie mniej prawdopodobna, niezależnie, jak głęboko się znajduje.

9.5.2 Oslanianie

Opisany wyżej proces adaptacji (udoskonalanie systemu) zakładał najprostsze okoliczności – pojedynczą zmianę losową w stałym środowisku. W praktyce jednak „adaptacja ma głównie dopasować system do nowego, zmienionego uwarunkowania (sygnału) płynącego ze środowiska. **W obu tych przypadkach zmiany adaptacyjne mają wyraźnie inne statystyczne charakterystyki. Oslanianie jako specyficzna forma zmiany adaptacyjnej występuje w dużym, złożonym systemie, który musi zostać dopasowany do narzuconej zmiany istotnego sygnału ze środowiska. Polega ona na odtworzeniu wcześniejszego działania systemu przez zmianę systemu w bezpośrednim pobliżu poszkodowanego wejścia ze środowiska. [...] Oslanianie jest tendencją strukturalną, a węzły dołączone podczas osłaniania stanowią osłonę – to najprostsze rozumienie tych terminów, ale np. osłoną jest także efekt odjęcia węzła, który polega na odtworzeniu działania systemu w nowych okolicznościach. Tendencję osłaniania można uogólnić na zmiany narzucone niekoniecznie przez środowisko.**

Tendencję tę, niedocenianą przez biologię ewolucyjną, wskazałem już w 1975r, wspomniana została w kilku publikacjach ([Gecow 1975](#), [Gecow](#), [Hoffman 1983](#), [Gecow](#), [Nowostawski](#), [Purvis 2005](#), [Gecow 2014](#)) ale nie została tam głębiej przedyskutowana. Uważam tę tendencję za bardzo istotną [...]. Wstępne badania mające wykazać pewność występowania zjawiska ... wykonane zostały w 2005r” (tak to ująłem w [oslrepl](#)). W 2022 uzupełniłem te badania nadal algorytmem rev-ann i opisałem je właśnie w publikacji [oslrepl](#) (po polsku i [oslrep](#) po angielsku), która ma charakter raportu z badań symulacyjnych. Dla zupełności przedstawianego w niniejszym Raporcie obrazu należało o tym wspomnieć jako o praktycznie części tego Raportu.

Ten cytat należy jednak tu rozszerzyć. Przede wszystkim zmienność losowa w formie pojedynczej zmiany, za którą następuje jej test, jest silnym uproszczeniem – jedynie pierwszym przybliżeniem opisu takiego procesu. Realny test ma pewne prawdopodobieństwo eliminacji na jednostkę czasu, więc musi trwać, a w tym czasie mogą następować następne zmiany. Drugim przybliżeniem opisu jest więc dopuszczenie dwóch zmian w przedziale czasu testowania, co wprowadza całą gamę wariantów, które należy rozważyć. Najprostszym z tych wariantów jest zmiana sygnału ze środowiska, które jest od ewoluującego obiektu niezależne (w pierwszym przybliżeniu) i gdy daje ‘złe’ skutki w aspekcie trwania obiektu w stanie półchaosu, obiekt musi ‘skompensować’ ten wpływ zmianą w swojej reakcji na środowisko, inaczej zostanie wyeliminowany. O takim najbardziej intuicyjnym wariantcie jest w ww. cytacie. Ale gdy w obiekcie-systemie wystąpi kilka zmian zanim wcześniejsze z nich nie zostaną ‘przetestowane’, to odpowiedź testu dotyczyć będzie wszystkich na raz. Jeżeli któraś z nich jest istotnie obniżająca ‘fitness’ to inne muszą to skompensować, by test nie wyeliminował całości. Z uwagi na chaotyczne parametry całego systemu (który przed tymi zmianami był w półchaosie), lawina damage raczej rośnie, więc najskuteczniejsza kompensacja to zmiana w bezpośrednim pobliżu zmiany inicjującej damage. To potwierdziły symulacje osłaniania wykonane jeszcze algorytmem rev-ann, który ma dobry model oceny zmiany w aspekcie adaptacyjnym. Możliwość zastosowania teraz tego mocno uproszczonego, starego algorytmu wynika z potwierdzenia jego celności we wcześniejszych rozdziałach raportu z met9, a potrzeba wynika ze szczególnie długich symulacji poszukujących tak wyjątkowych ‘ratunkowych’ zmian. Obecny, lepszy bo dokładniejszy algorytm tmx miałby nie tylko kłopot z wymaganym czasem symulacji, ale też ‘mała zmiana’ zastępująca warunek adaptacji okazuje się nie w pełni równoważna, na co wskazała inna reakcja na koszt dodawania. W przypadku osłaniania zastosowanie kosztu byłoby jednak bardzo niecelne interpretacyjnie – tu uratowanie całości jest wystarczająco wielkim zyskiem, można nawet dopuszczać nieznaczne zmniejszenie fitness, co jednak okazało się zbędne.

Oslanianie ma wiele aspektów interpretacyjnych. Przede wszystkim jest silną tendencją strukturalną kreującą istotne, rzucające się w oczy efekty. W zastosowaniu do ewolucji biologicznej (filogenezy jako zmienności ontogenezy), rozwoju osobniczego w jego ontogenezie i do opisu funkcjonowania (metabolizmu) obiektu wskazuje na istotne rozróżnienie funkcji, linków i sygnałów nodów w tych aspektach różniących się skalą czasu. Tędy wiedzie droga do wyjaśnienia [problemu sprzężeń zwrotnych w modelowaniu złożonego procesu opisywanego siecią uzależnień](#). Daje to podstawy do konstruowania modeli w każdym z tych aspektów osobno, jak również do prób modelu obejmującego je łącznie. Problem ten wskazuje na ograniczenia sieci Kauffmana w zakresie modyfikacji własnej struktury w wyniku własnego funkcjonowania, w tym zbyt sztywnego podziału w aspekcie interpretacyjnym na nody wraz z funkcjami i linki. Rozważania te są szerzej opisane w [oslrep](#). Artykuł ten należy traktować jako element niniejszego Raportu.

9.6 Podsumowanie

Niniejsze Posudumowanie dotyczy całego Raportu, wszystkich jego trzech części. Głównym tematem Raportu jest półchaos wykryty w części I [[rep1](#)], która dotyczyła sieci autonomicznej o określonej wielkości i stałej, losowej strukturze (met1-7). Zaburzeniem inicjującym damage była tam ‘punktowa’ permanentna zmiana funkcji jednego nodu, tylko dla jednego stanu wejść tego nodu. W części II [[rep2](#)] sieć rosła przez dodawanie i odejmowanie nodów, co stanowiło zmiany inicjujące, nadal była autonomiczna (met8), ale powstała struktura była już skutkiem warunków kumulacji. Dopiero w części III, niniejszej (met9), sieć jest otwarta, ma połączenie ze środowiskiem poprzez wejścia i wyjścia. Pozwala to określić miarę kolejności funkcjonalnej na podstawie odległości od zwykle ocenianych wyjść systemu. Nadal inicjującymi zmianami są dodawanie i odejmowanie nodów. Tym razem, **oprócz sprawdzenia występowania półchaosu także w takiej sieci, głównym tematem były tendencje strukturalne**, które są celem całej podjętej drogi – **mają wyjaśnić przyczyny obserwowanych w biologii ewolucyjnej klasycznych prawidłowości ewolucji ontogenezy. Jest to interpretacja modelu głęboko wchodząca w istotę procesu życia, które można definiować jako proces utrzymujący stan półchaosu.**

Badania nad tendencjami strukturalnymi rozpocząłem dawno, pierwsze publikacje symulacji modelu to [1974](#), [1975](#), później na tej bazie obroniłem doktorat [[dr](#)] w 1987r. Mój model agregatu automatów operował na sieci otwartej, stosował silnie uproszczony algorytm ‘rev-ann’, powstał niezależnie od prac Kauffmana, który w latach 90-tych ogłosił sławną hipotezę ‘życie na skraju chaosu’. Była ona sprzeczna z założeniami mojego modelu i należało sprawdzić, który z nas ma rację.

Badania prezentowane w całym Raporcie są właśnie takim sprawdzeniem, które do tego celu stosowało znacznie dokładniejszy algorytm ‘tmx’. Doprowadziły one do pogłębienia modelu i **zastąpienia zbyt uproszczonej hipotezy Kauffmana nową wersją: ‘życie ewoluuje w półchaosie nie w pełni losowych sieci’**. Przesłanki tych badań opublikowałem w artykule [it](#), następnie kładłem na arXiv kolejne części Raportu próbując publikować wyniki co napotykało wyjątkowo silny opór. Ostatecznie udało się opublikować wyniki opisane w części I Raportu w artykule [FRaaj](#), następnie części II i temat (jeden z kilku w met9) występowania półchaosu w otwartych sieciach rosnących w art. [Bart](#). Rozszerzenie zawartych w [Bart](#) elementów met9 zawiera [rozdz.9.3](#).

Badania **tendencji strukturalnych algorytmem rev-ann** publikowane były w wielu artykułach, z których najpełniejszy jest [ggec](#). Obecnie **należało sprawdzić dokładniejszym algorytmem tmx uzyskane wcześniej wyniki** i ocenić celność upraszczających założeń alg.rev-ann. M.in. w tym celu w [rozdz.9.2](#) zostały przypomniane opublikowane wcześniej wyniki alg.rev-ann, ich przesłanki i założenia. Mimo wielu nieuświadomionych wcześniej uwarunkowań, **algorytm rev-ann okazał się bardzo celny**. Skłoniło to do uzupełnienia wcześniej nie publikowanych jego wyników, głównie dla (liczby wejść do nodu) $K > 2$, oraz ważnych badań **osłaniania**, które były jedynie sygnalizowane, nigdy nie opisane dokładnie. Zanim jednak podjąłem zaniechane wcześniej wykończenie części III Raportu, powstała publikacja [Bart](#) a następnie [oslrepl](#). Ta ostatnia opisała wcześniejsze i obecnie dokończone badania osłaniania, jednak stanowi jakby wyrwany z kompletu części III element. Razem z uzupełnieniem wyników alg.rev-ann jest częścią [rozdz.9.5](#). **Oslanianie jest ważną interpretacyjnie i metodologicznie tendencją strukturalną**, nie została z przyczyn technicznych i czasowych badana algorytmem tmx, ale powinna znaleźć się w niniejszym Raporcie. Badania w met9 wykazały bowiem dostateczną poprawność alg.rev-ann i dopiero po tym można obecnie było zastosować go do badań osłony.

Wśród interpretacyjnych problemów symulacji tendencji strukturalnych, które szczególnie jaskrawo widać rozważając interpretację wyników osłaniania są powiązane ze sobą: możliwość występowania sprzężeń zwrotnych w procesie ontogenezy, który ma być opisany ewoluującą siecią, oraz rozróżnienie funkcjonowania na poziomie metabolizmu i na poziomie przekształceń morfologicznych. Temat ten szerzej jest dyskutowany w [oslrepl](#).

Z racji trudności w publikowaniu wyników i dość ubogiej zawartości publikacji, które ukazały się w pismach naukowych, niniejszy Raport w całości jest niezbędną podstawą syntetycznego ujęcia całości moich prac badawczych w kończącej właśnie **książce ‘Szkic dedukcyjnej teorii życia’**. Podstawowe elementy tej książki były publikowane w przerwanej serii, z której ostatni odcinek z 2016r [Szk4](#) opisuje już w uproszczeniu półchaos.

Podstawowe wnioski z met9 (badań opisanych w części III Raportu):

1. Algorytm rev-ann okazał się wyjątkowo trafny mimo wielkich uproszczeń i wielu nieświadomych podczas jego określania uwarunkowań. Obecnie jest on już archaizmem. Tak silne uproszczenia były konieczne wtedy, gdy komputery miały zbyt małą prędkość, a obecnie są już zbędne. Jednak algorytm ten lepiej nadawał się do obecnych badań osłaniania zarówno z powodu lepszego modelu adaptacji jak i prędkości.

2. Gdyby pierwsze wyniki były tak skomplikowane, jak obecne, raczej uznałbym przedsięwzięcie za niepowodzenie, jednak:

2.a Agregat automatów okazał się szczególnie dobrze dobrany, by oczekiwane tendencje pojawiły się zdecydowanie. Pozwoliło to podjąć dalsze inwestycje i badania, które pokazały, jak bardzo naiwne były oczekiwania, że tak prosty model wyjaśni pochodzenie obserwowanych w biologii prawidłowości ewolucji ontogenezy.

2.b Proponowany wtedy model, choć obecnie oceniany przez mnie jako szczególnie prosty, był znacznie bardziej złożony i zaawansowany, niż ostatnie próby wyjaśniania tych prawidłowości przez biologów takich jak de Beer czy Gould.

2.c Widać już, że **przyjęta przeze mnie droga jest poprawna, te prawidłowości na pewno w dużej części, może zasadniczej, są tendencjami strukturalnymi**, ale zjawiska te okazały się znacznie bardziej złożone, niż można było wtedy przypuszczać. Miałem dużo szczęścia, że początkowy, prosty model i algorytm akurat dał oczekiwane wyniki.

3. Podczas badań zostały wskazane także **inne mechanizmy tworzące tendencje, niż stożek wpływu z parametrami chaotycznymi.**

3.a Są to przede wszystkim konkurujące z tym pierwszym mechanizmem **reguły wzrostu sieci sf i ss.** Reguły wzrostu tych obecnie najbardziej preferowanych typów sieci są zbyt złożone – generują dodatkowe mechanizmy występujące jednocześnie. Tu należy wskazać powstawanie hubów, które z natury tych reguł mają związek z kolejnością historyczną. Aby dokładniej rozpoznać te mechanizmy, **należy dobrać tak reguły wzrostu, by możliwie badać te mechanizmy oddzielnie.** To silnie sugeruje **badanie sieci prostszych, w tym sieć al.**

3.b Reguły sieci sf i ss wyraźnie nie wyglądają na adekwatne w aspekcie ewolucji biologicznej z uwagi na obligatoryjne dodawanie nodów ze szczególnie małym $k=1$.

3.c Drugi konkurujący mechanizm to **słabo kontrolowany wzrost modułów**, także wymagający bardziej zaawansowanych modeli.

3.d **Wpływ rozmaitych ‘kosztów’ okazał się szczególnie silny w modelu z adaptacją**, natomiast sama ‘mała zmiana’ okazuje się nie tak czuła na takie warunki lub ich substytuty. **Należy bliżej wyjaśnić dlaczego mała zmiana nie jest równoważna adaptacji**, jak to można było wnioskować z wcześniejszych badań. Jednocześnie okazuje się, że tendencje nie koniecznie wymagają oceny adaptacji lub poprzez małą zmianę na wyjściach systemu, podobne tendencje generowane są małą zmianą (małym damage) wewnątrz systemu. To wraz z półchaosem odkrytym w przedstawianych w tym Raporcie badaniach (met4-7) wskazuje rolę półchaosu, w tym adaptacji, w rozumieniu istoty procesu życia.

4. Reguła wzrostu na podstawie wniosków 3.abc :

4.a Skonstruowana została **sieć zz**, która nie posiada wskazanych trudności w istotnym natężeniu i obecnie jej reguła wzrostu wydaje się najbardziej właściwa do nodelowania tendencji strukturalnych. Potwierdza to wnioski 3.abc dając oczekiwane tendencje dostatecznie zbliżone do obserwowanych w biologii klasycznych prawidłowości ewolucji ontogenezy.

4.b Jednak sieć zz nie pretenduje do dobrego modelu reguły wzrostu sieci opisującej organizm, jego metabolizmu lub uwarunkowań ontogenetycznych. Taką ‘dobrą’ regułą prawdopodobnie wstępnie określa sformułowanie: **‘powiel i modyfikuj’**. Jej ścisłe określenie wymaga głębszego zbadania problemu wzrostu modułów, który jest głównym wskazanym konkurentem ewolucyjnej stabilności półchaosu.

5. Na ewolucyjną stabilność półchaosu, która jest głównym aspektem życia wpływa wiele rozmaitych czynników.

5.a Wśród nich podstawowym jest **rozmnażanie** (powielanie procesu). Już powrót do stanu sprzed odrzuconej zmiany (stosowny w symulacji) wymaga rozmnażania gdy interpretujemy tą symulację. Stosowane w symulacji cofnięcia do wcześniejszych stanów, gdy proces wchodzi w stan ‘trudny’ do kontynuowania półchaosu także mają za podstawę interpretacyjną rozmnażanie.

5.b Do innych należą dodatkowe uwarunkowania, które jeżeli system może dysponować ich mechanizmem, pozwalają na istotne zwiększenie szansy długiego procesu utrzymania półchaosu, tzn. stabilności ewolucyjnej półchaosu. Mogą to być **koszty dodawania... ograniczenia atraktorów** itp. Osłabia to pojęcie ewolucyjnej stabilności półchaosu do statystycznej możliwości znalezienia ścieżki utrzymania półchaosu, od początku jednak stabilność ta wymagała rozmnażania o ‘dostatecznym’ tempie.

6. Zmienność losowa w formie pojedynczych zmian w przedziale czasu testowania jest silnym uproszczeniem. Realny test ma pewne prawdopodobieństwo eliminacji na jednostkę czasu. **Drugim przybliżeniem jest dopuszczenie dwóch zmian w przedziale czasu testowania, co wprowadza całą gamę wariantów**, które należy rozważyć.

6.a Podstawowym z tych wariantów jest wymuszona (niezależna od ewoluującego obiektu-systemu, tj. nie do odrzucenia) **zmiana sygnału ze środowiska**. Do kontynuacji procesu zazwyczaj **wymaga ona kompensacji zmianą już w obiekcie-systemie**. Statystyczne własności takiej kompensującej zmiany są wyraźnie inne od niewymuszonych zmian systemu. Okazuje się, że podstawową własnością takiej zmiany ‘kompensującej’ jest **odtworzenie działania systemu sprzed zmiany środowiska w bezpośrednio okolicy wejścia zmienionego sygnału**. Taka kompensacja została nazwana **osłanianiem** a ewentualnie dodany nod realizujący osłanianie – **osłoną**.

6.b Ogólniejszym wariantem jest pierwsza zmiana traktowana jako wymuszona, gdyż jest już obecna a jeszcze nie przetestowana (test nie odpowiedział negatywnie, nie wyeliminował procesu i jego nośnika – systemu). Druga zmiana może zdążyć skompensować jej ujemne skutki – jest więc osłanianiem także odtwarzającym wcześniejsze funkcjonowanie systemu półchaotycznego poprzez modyfikację w pobliżu ‘awarii’.

6.c Osłona jest silną tendencją strukturalną. Jest ona szczególnie widoczna, konieczna ale trudna (mało prawdopodobna), dotąd nieadekwatnie mało rozważana w biologii i w symulacyjnych badaniach zmienności.

7. **Dwie skale czasowe** w funkcjonowaniu sieci rozróżniają sygnały i linki nawet z jednego nodu: **metabolizm i zmiany strukturalne tworzące ontogenezę**. Jest to droga rozwiązania istotnego interpretacyjnego zagadnienia zawierającego w sobie **problem sprzężeń zwrotnych w procesie**. Wskazuje na ograniczenia symulacyjne sieci Kauffmana, które nie radzą sobie z modyfikacją własnej struktury w wyniku własnego funkcjonowania.

References

- Albert R, Barabási A-L (2002) Statistical mechanics of complex networks, *Rev. Modern Phys.* 74 (1) 47–97.
- Barabási A-L, Albert R, Jeong H (1999) Mean-field theory for scale-free random networks. *Physica A* 272; pp. 173–187.
- Derrida B, Pomeau Y (1986) Random Networks of Automata: A Simple Annealed Approximation”, *Europhys. Lett.*, 1(2); pp. 45–49.
- Derrida B, Weisbuch G (1986) Evolution of Overlaps Between Configurations in Random Boolean Networks. *Journal De Physique* 47; pp. 1297–1303.
- Erdős P, Rényi A (1960) On the evolution of random graphs. Publication of the Mathematical Institute of the Hungarian Academy of Science, pp. 17–61.
- Gecow A (1974) Szkic dedukcyjnej teorii ewolucji biologicznej. (III BBB) III Polskie Sympozjum Biocybernetyki, Biomatematyki i Biotechniki. 9-11 maja 1974 - prezentacja, publikacja PTC 1975.
- Gecow A (1975) A cybernetic model of improving and its application to the evolution and ontogenesis description, Fifth International Congress of Biomathematics, Paris.
- Gecow A, Hoffman A (1983) Self-improvement in a complex cybernetic system and its implication for biology. *Acta Biotheoretica* 32, pp. 61-71. DOI 10.1007/BF00047975, <http://philpapers.org/rec/GECSIA>
- Gecow A (1983) Strukturalne tendencje w procesie udoskonalania. I Polskie Sympozjum CYBERNETYKA-83, PTC Warszawa, pp. 39-46.
- Gecow A, Nowostawski M, Purvis MK (2005) Structural tendencies in complex systems development and their implication for software systems. *J. UCS* 11(2), 327-356
- Gecow A (2005) From a “Fossil” Problem of Recapitulation Existence to Computer Simulation and Answer. w: Special issue on Biologically Inspired Computing and Computers in Biology of the journal *Neural Network World* 3/2005, Inst. Computer Sci. Acad. Sci. Czech Rep. s. 189–201. <http://www.nnw.cz/obsahy05.html#3-2005>
- Gecow A (2007) Emergence of Growth, Complexity Threshold and Structural Tendencies During Adaptive Evolution of System. Dresden, EPNACS'2007
- Gecow A (2008) Structural Tendencies - effects of adaptive evolution of complex (chaotic) systems. *Int.JMod.Phys.C*, 19, 4, pp. 647-664.
- Gecow A (2009) A certain complexity threshold during growth of functioning networks. *CANS* 8-10 Nov.08 Tg. Mures Romania IEEE CPS pp. 69-76.
- Gecow A (2009) Emergence of Chaos and Complexity During System Growth. In: From System Complexity to Emergent Properties. M.A. Aziz-Alaoui & C. Bertelle (eds), Springer, Understanding Complex Systems Series, pp. 115-154
- Gecow A (2009) Emergence of Growth and Structural Tendencies During Adaptive Evolution of System. In: From System Complexity to Emergent Properties. M.A. Aziz-Alaoui & Cyrille Bertelle (eds), Springer, Understanding Complex Systems Series; pp. 211-241.

- Gecow A (2009) The Simple Model of Living Object as an Outside State of Statistical Stable Equilibrium, the Small Change Tendency in Adaptive Evolution. In: Modelling and Analysis of Complex Interacting Systems. M.A. Aziz-Alaoui, C. Bertelle (red), DCDIS-B special issue, pp. 515–533.
- Gecow A (2009) The conditions of structural tendencies. In: Modelling and Analysis of Complex Interacting Systems. M.A. Aziz-Alaoui & C. Bertelle (eds), DCDIS-B special issue, pp. 551-572
- Gecow A (2010a), More Than Two Equally Probable Variants of Signal in Kauffman Networks as an Important Overlooked Case, Negative Feedbacks Allow Life in the Chaos. <http://arxiv.org/abs/1003.1988>
- Gecow A (2010b) Complexity Threshold for Functioning Directed Networks in Damage Size Distribution. <https://arxiv.org/abs/1004.3795>
- Gecow A (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.); pp. 280-310, ISBN: 978-953-307-564-8, DOI: 10.5772/14485 <https://www.intechopen.com/chapters/13513>
- Gecow A (2014) Informacja dziedziczna i jej kanały (II odcinek Szkicu dedukcyjnej teorii życia). Filozofia i Nauka, Studia filozoficzne i interdyscyplinarne. Tom 2, p 351-380 Instytut Filozofii i Socjologii PAN http://filozofiainauka.ifispan.waw.pl/wp-content/uploads/2014/08/Gecow_351-380.pdf
- Gecow A (2016) Report of simulation investigations, a base of statement that life evolves in the half-chaos. <http://vixra.org/abs/1603.0220>.
- Gecow A (2016) Życie ewoluuje w półchaosie (IV odcinek Szkicu dedukcyjnej teorii życia). <http://vixra.org/abs/1605.0063>
- Gecow A (2016) Life evolves in half-chaos of not fully random systems. <http://vixra.org/abs/1612.0390>, jest wersja po polsku: Życie ewoluuje w półchaosie w systemach nie w pełni losowych.
- Gecow A (2017) Report of simulation investigations, part II, a growth of half-chaotic autonomous networks. <http://vixra.org/abs/1711.0467>.
- Gecow A (2017) Experimentally confirmed half-chaos removes the strong limitations in modeling using dynamic complex networks. <http://arxiv.org/abs/1712.09609v1>
- Gecow A (2020) Life evolves in experimentally confirmed ‘half-chaos’ of not fully random networks, but not ‘on the edge of chaos’ In Ch.H. Skiadas (ed.) CHAOS 2020 Proceedings, ISAST, p. 259-270 <http://www.cmsim.org/images/CHAOS2020-Proceedings-A-Gr-1-316.pdf>
- Gecow A (2021) Life Is Not on the Edge of Chaos but in a Half-Chaos of Not Fully Random Systems. Definition and Simulations of the Half-Chaos in Complex Networks, DOI: 5772/intechopen.93864, <https://www.intechopen.com/chapters/73326> chap. in: A Collection of Papers on Chaos Theory and Its Applications, Bracken P, Uzumov DI (eds.) (doi: 10.5772/intechopen.91599), p. 122, earlier: <http://arxiv.org/abs/1712.09609>.
- Gecow A, Nowostawski M (2021) Modelling Damage Propagation in Complex Networks: Life Exists in Half-Chaos. In: Teixeira A.S., Pacheco D., Oliveira M., Barbosa H., Gonçalves B, Menezes R (eds) Complex Networks XII. CompleNet-Live 2021. Springer Proceedings in Complexity. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81854-8_9
- Gecow A, Iantovics LB (2022) Semi-Adaptive Evolution with Spontaneous Modularity of Half-Chaotic Randomly Growing Autonomous and Open Networks. Symmetry, 14, 92. <https://doi.org/10.3390/sym14010092>
- Gecow A (2022) ‘Covering’ - a specific but important form of adaptive changes. <https://doi.org/10.31219/osf.io/c2ux3> v2. ‘Oslanianie’ - specyficzna, ale istotna forma zmian adaptacyjnych. v1
- Hughes TR et al. (2000) Functional discovery via a compendium of expression profiles. *Cell* **102**, 109–126.
- Kauffman SA (1969) Metabolic stability and epigenesis in randomly constructed genetic nets. *J Theor Biol* **22**; pp. 437-467.
- Kauffman SA (1971) Gene regulation networks: a theory for their global structure and behaviour. *Current topics in dev. biol.* 6, p.145.
- Kauffman SA (1993) The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution. New York: Oxford University Press.
- Korzeniewski B, (2019) Do czego służy żaba? Od atomów do żywego osobnika. BEL Studio, Warszawa 2019; BioSimulation Center, Kraków 2019
- Rämö P, Kesseli J, Yli-Harja O, (2006). Perturbation avalanches and criticality in gene regulatory networks. *J. Theor. Biol.* 242 164–170
- Serra R, Villani M, Semeria A (2004) Genetic network models and statistical properties of gene expression data in knock-out experiments. *J Theor Biol* **227**; pp. 149-157.
- Serra R, Villani M, Graudenzi A, Kauffman SA (2007) Why a simple model of genetic regulatory networks describes the distribution of avalanches in gene expression data. *J Theor Biol* **246**; pp.449-460.