

СИСТЕМА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ КОМПЬЮТИНГА

Аноприенко А.Я.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Кафедра компьютерной инженерии

E-mail: anoprien@gmail.com

Аннотация

Аноприенко А.Я. Система закономерностей развития средств и методов компьютеринга. В докладе рассмотрена взаимосвязь тенденций и перспектив развития средств и методов компьютеринга как единой системы закономерностей. Проанализировано современное состояние компьютеринга и перспективы его развития. Приведены основные зависимости.

Актуальность выявления и использования системы закономерностей в развитии средств и методов компьютеринга определяется беспрецедентной динамикой развития компьютерных технологий, что во многих случаях создает впечатление определенного хаоса и относительной неопределенности. В то же время имеется необходимость понимания и прогнозирования этой динамики с целью обеспечения максимальной эффективности исследовательских, проектных и эксплуатационных работ в области компьютерных наук и технологий.

На основе ряда авторских [1-12] и зарубежных [13-33] работ на текущий момент может быть предложена система закономерностей развития средств и методов компьютеринга, в обобщенном виде представленная на рис.1.

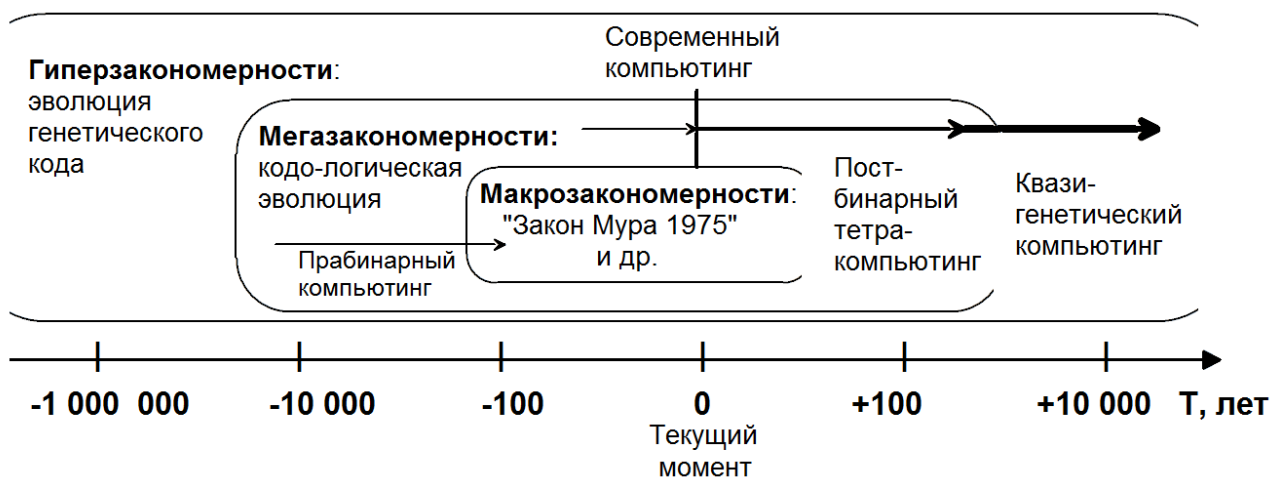


Рисунок 1 – Система закономерностей развития средств и методов компьютеринга

При этом следует отметить, что на сегодня наиболее интересной и проработанной является, естественно, система макрозакономерностей, среди которых наибольшей популярностью пользуется закон Мура.

В частности в работе [20] этот закон рассматривается как определяющий в системе других взаимосвязанных закономерностей:

Основной закон Мура (Moore's Law) [20, с. 51]:

$$\text{MemoryChipCapacity}(\text{year}) = 4^{(\text{year} - 1970)/3} \text{ Kb/chip for year in [1970...2000].}$$

Закон Джоя (Joy's Law) для процессоров фирмы Sun Microsystems, как типичная разновидность закона Мура [20, с. 58]:

$$\text{SunMips}(\text{year}) = 2^{\text{year} - 1984} \text{ Mips for year in [1984...2000].}$$

Закон Хогланда (Hoagland's Law) [20, с. 53] роста плотности информации на магнитных носителях:

$$\text{MagneticAreaDensity}(\text{year}) = 10^{(\text{year} - 1970)/10} \text{ Mb/inch}^2 \text{ for year in [1970...2000].}$$

В 2007 году Мур расширил действие своего закона еще на 10-15 лет и предложил его в следующей формулировке [13]:

$$\text{Transistors per chip} = 2^{(t-1959)} \text{ for } 1959 \leq t \leq 1975; 2^{16} \times 2^{(t-1975)/1.5} \text{ for } t \geq 1975.$$

Автором в работе [1] в связи с этим было предложено рассматривать различные разновидности закона Мура и выделить более общую закономерность роста производительности, которая позволяет создать своего рода периодическую систему макрозаконмерностей развития средств и методов компьютеринга.

Продуктивность такого подхода может быть дополнительно подтверждена его распространением на так называемый «Закон Белла для рождения и смерти компьютерных классов» (рис. 2), который в своем развернутом виде (рис. 3) выглядит достаточно хаотично. Однако, при привязке его к системе классов, выделенных в работе [1] (рис. 4), появляется определенная логичность и гармония в появлении и формировании классов компьютеров.

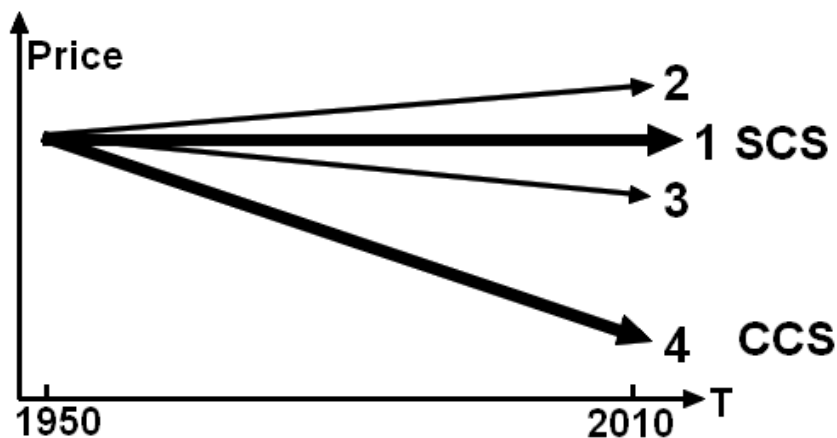


Рисунок 2 – «Закон Белла для рождения и смерти компьютерных классов» (для периода 1950-2010 гг. по данным работы [13]): **первый поток основного развития** происходит в пределах **фиксированной цены** за счет появления в рамках одного стоимостного класса (исходно это многопользовательские системы от начальных мейнфреймов до современных кластерных серверных систем) новых более производительных моделей каждые 3-5 лет (в среднем каждые 4 года) – прямая 1; **дополнительное формирование классов и подклассов** происходит в рамках повышения разнообразия на основе исходного класса как за счет достижения рекордных показателей производительности (прямая 2), так и за счет формирования более экономичных моделей (прямая 3). Первый поток развития формирует многопользовательские серверные компьютерные системы SCS (Server Computer Systems).

Второй поток развития формируется за счет появления все более массовых клиентских компьютерных систем CCS (Client's Computer Systems) минимальной стоимости (прямая 4).

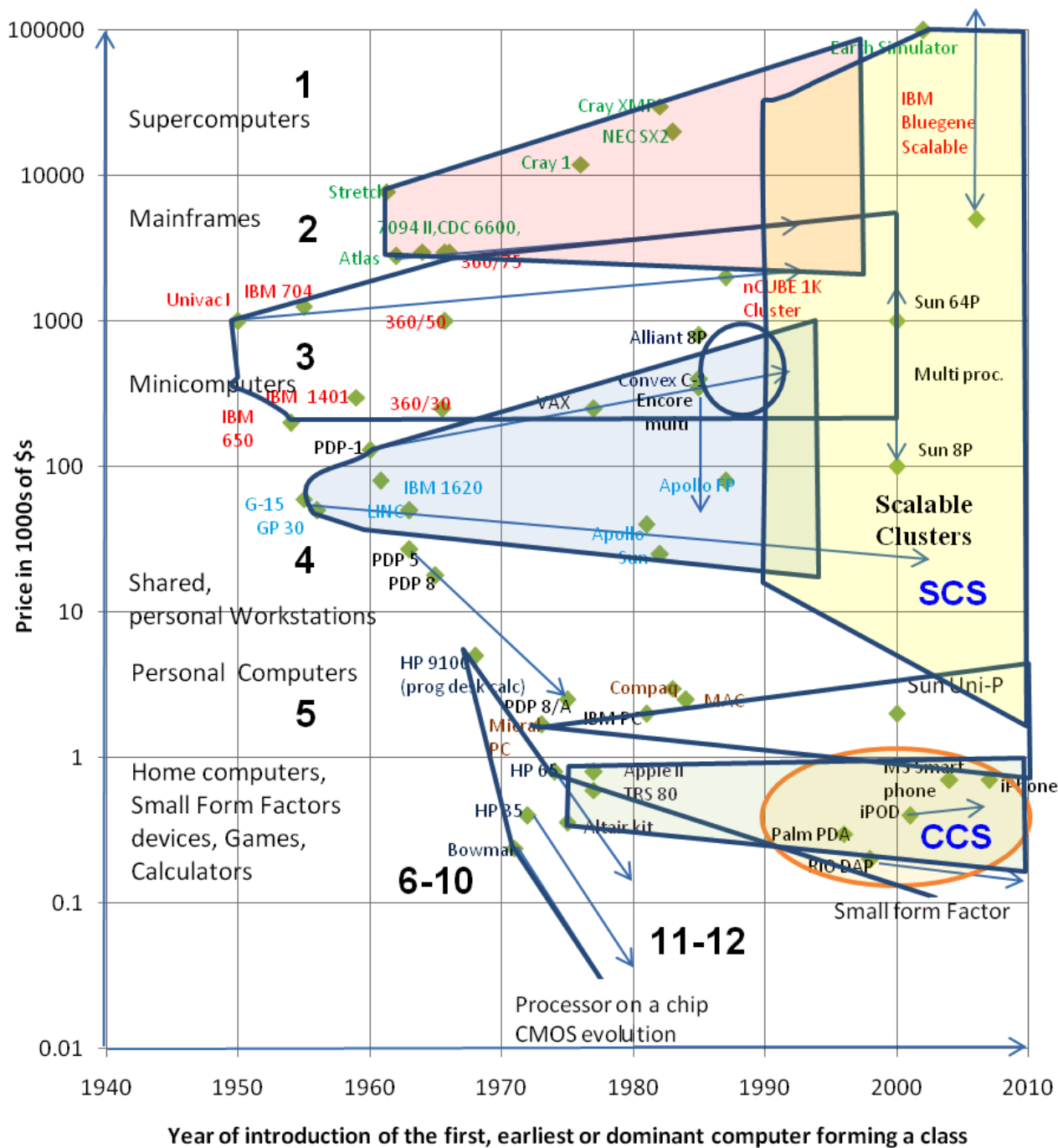


Рисунок 3 – Становление различных классов компьютерных систем в различных стоимостных категориях в соответствии с законом Белла (по данным работы [13]): добавлены цифровые обозначения 1-12, устанавливающие соответствие между «классами Белла» и классами, представленными на рис. 4. «Смерть» классов в действительности является всего лишь их трансформацией в более современные формы.

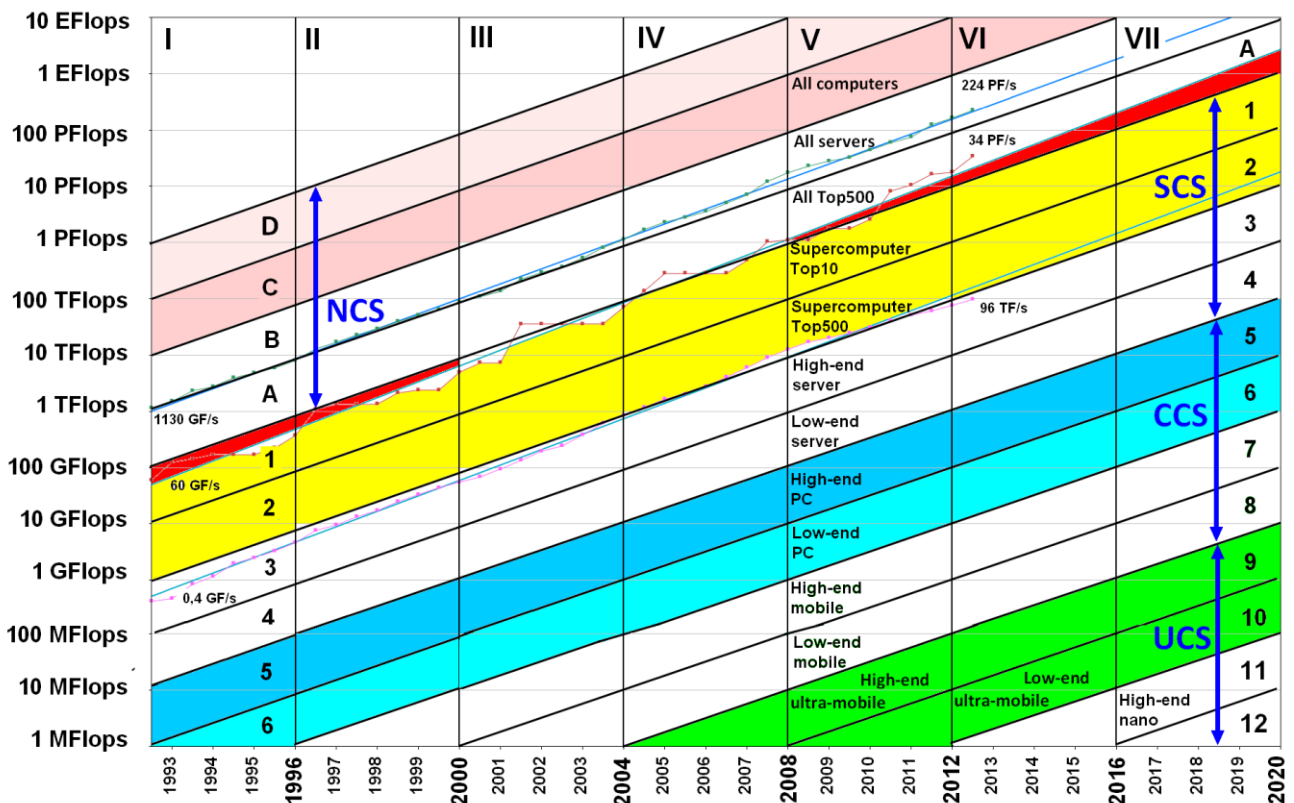


Рисунок 4 – Предлагаемая автором «периодическая система» роста производительности различных классов компьютерных систем в «эпоху Top500». Выделены характерные группы классов: SCS (Server Computer Systems) – серверные компьютерные системы, к которым отнесены и суперкомпьютерные классы, включающие в себя наиболее производительные вычислительные серверы; CCS (Client's Computer Systems) – клиентские компьютерные системы; UCS (Ultra-mobile Computer Systems) – ультрамобильные и ультракомпактные компьютерные системы, включающие устройства «карманных» и более компактных форм-факторов. Добавлена также группа «сетевых классов» NCS (Network Computer Systems), представляющая собой потенциальное сетевое объединение ресурсов различных классов компьютерных систем: от Top500 суперкомпьютеров (класс A) до гипотетического суперкласса, объединяющего ресурсы всех существующих компьютерных систем и разного рода контроллеров (класс D).

В предлагаемой «периодической системе» выявляется еще одна характерная связь с исследованиями и выводами работы [13]: по утверждению Гордона Белла подобно тому, как в 1951 году человек мог перемещаться внутри компьютера, после 2010 года следует ожидать компьютеров, которые смогут перемещаться внутри человека. В последнем случае речь идет фактически о нанокomпьютерах, которые начали формироваться как новый класс после 2012 года и станут полноправным классом компьютерных систем ориентировочно после 2016 года (классы 11 и 12 на рис. 4).

Выявленные в «периодической системе» закономерности подтверждаются также тем, что они могут быть определенным образом экстраполированы также и на другие периоды развития компьютерных систем, например, на самый начальный период развития компьютеринга (рис. 5). Связь закономерностей «периодической системы» с развитием компьютерных систем в 1975-1993 годах также прослеживается достаточно отчетливо [6].

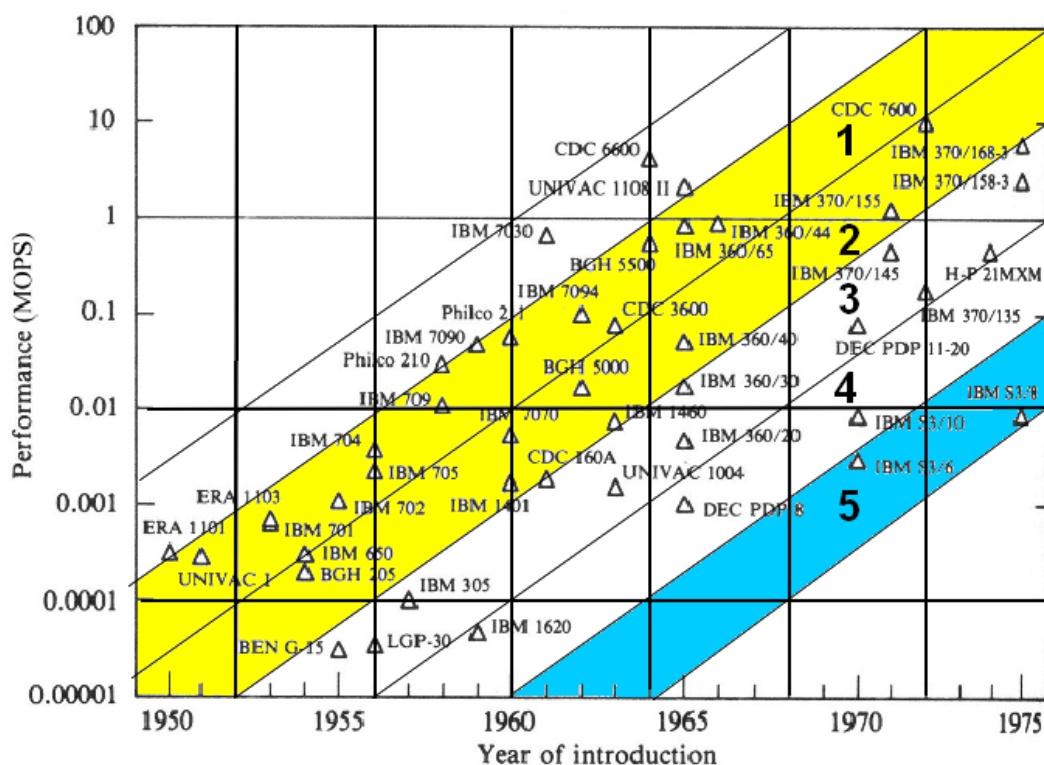


Рисунок 5 – Рост производительности различных классов компьютерных систем в первые десятилетия развития ЭВМ: классы 1-5 выделены исходя из того, что при отсутствии аппаратной поддержки вычислений с плавающей запятой производительность, представленная в MOPS, примерно на 2 порядка отличается от производительности в MFlops (по данным [17, с. 32]).

Наибольший практический интерес предложенная «периодическая система» представляет в период разворачивающейся примерно с 2008 года так называемой «эксафлопсной гонки», завершение которой станут 2018-2020 гг. (рис. 6).

Особый интерес в связи с «периодической системой» представляют также закономерности изменения стоимости и объемов производства компьютерных систем различных классов, представленные в уточненном виде на рис. 7.

На рис. 7 в качестве примера обозначены объемы производства различных классов компьютерных систем в 2010 году [21, с.5]: 8 – Top10 суперкомпьютеров, 9 – Top500 суперкомпьютеров, 10 – 20 миллионов серверов, 11 – 350 миллионов настольных персональных компьютеров, 12 – 1,8 миллиарда мобильных устройств (90% которых могут быть отнесены к ультрамобильным в виде смартфонов и других устройств). Символом А обозначены 6 миллиардов ARM-процессоров, что в 20 раз больше общего количества произведенных в 2010 году 80x86-процессоров, большинство из 300 миллионов которых были использованы в серверных и настольных персональных системах. Большинство ARM-процессоров (со сложностью порядка 100 тысяч транзисторов против миллиарда в 80x86-процессорах) использованы во встроенных компьютерных системах, объем производства которых приблизился в 2010 году к 20 миллиардам.

Для классов компьютерных систем 5-10 действует правило массового производства: удвоение общего производства приводит к снижению стоимости на 10-15 % [13].

В ближайшем будущем ожидается появление «разумной пыли» – десятков и сотен миллиардов беспроводных сенсорных наноконьютерных систем классов 11 и 12.

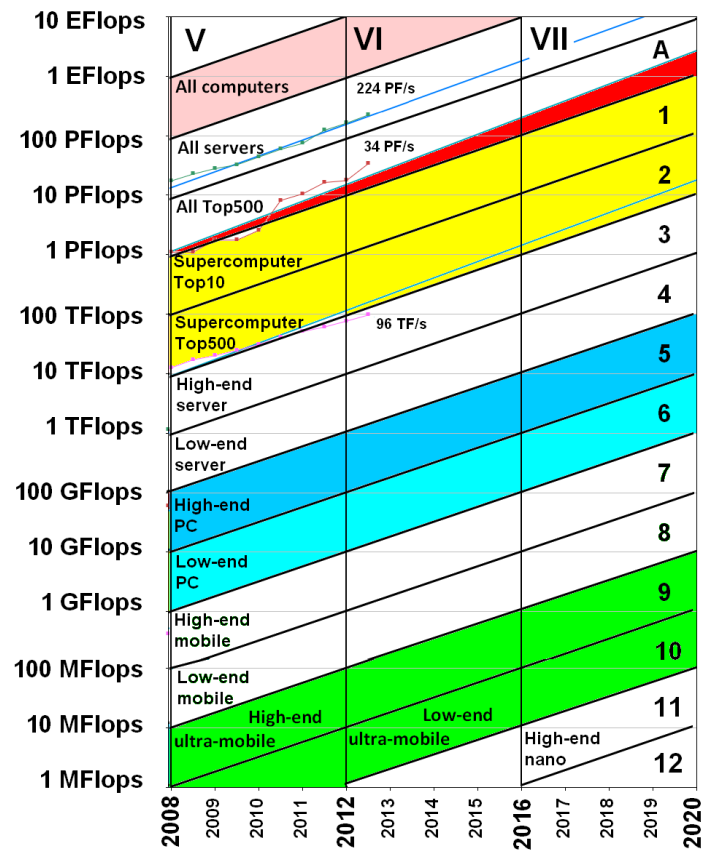


Рисунок 6 – Рост производительности различных классов компьютерных систем в период «экзафлопсной гонки»

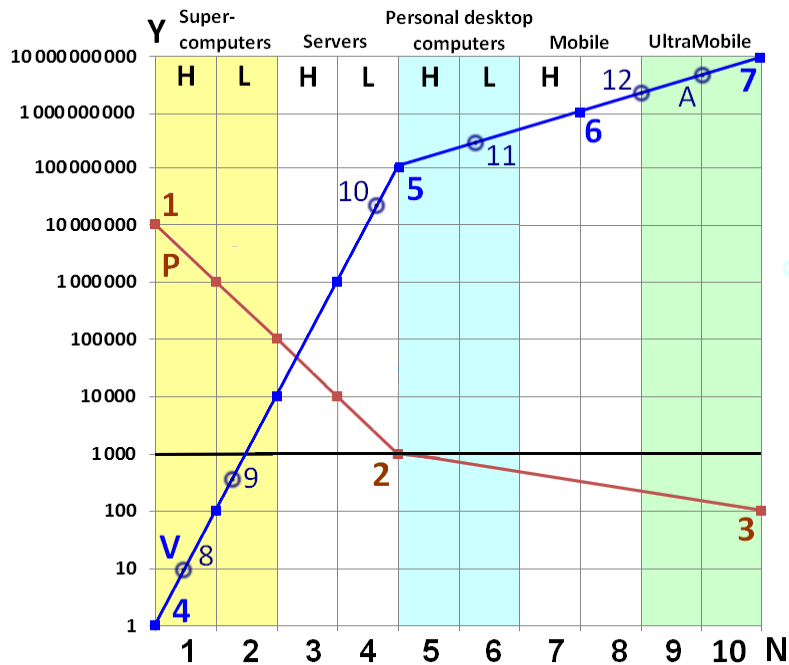


Рисунок 7 – Графики изменения стоимости (нисходящая ломаная P 1-2-3, для которой значения оси Y соответствуют долларовой эквиваленту) и примерных объемов ежегодного производства (восходящая ломаная V 4-5-6-7, для которой значения оси Y соответствуют объемам производства в шт.) для различных классов компьютерных систем. Графики представляют преимущественно усредненные значения соответствующих величин, реальный разброс которых может составлять плюс/минус порядок соответствующего значения.

В предложенную «периодическую систему» достаточно хорошо вписываются также и закономерности изменения удельной стоимости компьютерных систем (рис. 8).

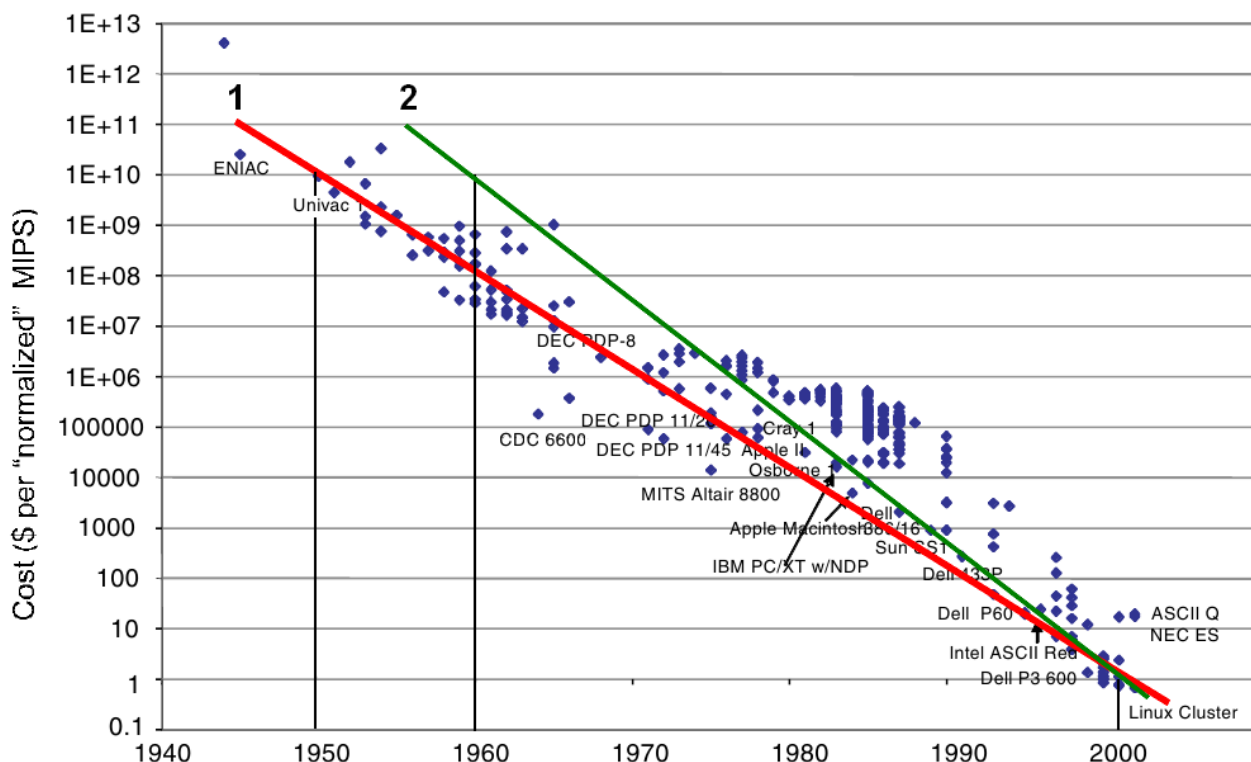


Рисунок 8 – Графики изменения удельной стоимости (стоимость в долларах на один «нормализованный» MIPS – миллион операций в секунду): каждые 5 лет удельная стоимость снижается на порядок (по данным [17, с. 34]) – прямая 1. С учетом инфляции доллара почти на порядок за 50 лет [13, с. 14, 17] (см. также таблицу 1) и ряда других факторов можно считать, что снижение удельной стоимости почти на порядок происходит каждые 4 года – прямая 2.

Таблица 1

Изменение коэффициента покупательной способности доллара по отношению к его значению в 2007 году [13, с. 17]

| 1950 | 1960 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2007 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 8.5 | 6.9 | 5.3 | 2.5 | 1.6 | 1.2 | 1 |

Выводы

В целом, с учетом работ [1-12], можно сделать вывод, что достаточно полная система закономерностей развития средств и методов компьютеринга может быть сформирована на основе известных ранее и выявленных автором эмпирических закономерностей развития как компьютерных систем в целом, так и отдельных их компонент.

Такая система закономерностей позволяет достаточно хорошо объяснять динамику развития средств и методов компьютеринга в прошлом и прогнозировать их развитие в будущем.

Список литературы

1. Аноприенко А.Я. Модели эволюции компьютерных систем и средств компьютерного моделирования // Материалы пятой международной научно-технической конференции «Моделирование и компьютерная графика» 24-27 сентября 2013 года, Донецк, ДонНТУ, 2013. С. 403-423.
2. Аноприенко А.Я. Закономерности развития компьютерных систем // «Научная дискуссия: инновации в современном мире». №10 (18): Сборник статей по материалам XVIII международной заочной научно-практической конференции. – М.: Изд. «Международный центр науки и образования», 2013. – С. 19-29.
3. Аноприенко А.Я. Современный компьютеринг и программирование // Материалы IV всеукраинской научно-технической конференции «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2013)» – 24-25 апреля 2013 г., Донецк, ДонНТУ, 2013. В 2-х томах. Т. 1. С. 11-17.
4. Аноприенко А.Я. Будущее компьютерных технологий в контексте технической и кодо-логической эволюции // Вестник Инженерной Академии Украины. Теоретический и научно-практический журнал Инженерной Академии Украины. Выпуск 3-4, 2011. С. 108-113.
5. Аноприенко А.Я. Ноокомпьютеринг и будущее информационно-компьютерной инфраструктуры // Міжнародний науковий конгрес з розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та розбудови інформаційного суспільства в Україні, м. Київ, 17-18 листопада 2011 р. Тези доповідей. С. 12-13.
6. Аноприенко А.Я. Компьютерные науки и технологии: следующие 50 лет // Материалы II всеукраинской научно-технической конференции «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2011)» – 12-13 апреля 2011 г., Донецк, ДонНТУ, 2011. Т.1. С. 7-22.
7. Аноприенко А.Я., Иваница С.В. Постбинарный компьютеринг и интервальные вычисления в контексте кодо-логической эволюции. — Донецк: ДонНТУ, УНИТЕХ, 2011. 248 с.
8. Аноприенко А.Я. Вызовы времени и постбинарный компьютеринг // Информатика и компьютерные технологии / Материалы VI международной научно-технической конференции – 23-25 ноября 2010 г. Т. 1. Донецк, ДонНТУ. – 2010. С. 13-31.
9. Аноприенко А.Я. Компьютерные науки и технологии в прошлом, настоящем и будущем // Материалы V международной научно-технической конференции «Информатика и компьютерные технологии» – 24-26 ноября 2009 г., Донецк, ДонНТУ, 2009. С.15-26.
10. Аноприенко А.Я. Археомоделирование: Модели и инструменты докомпьютерной эпохи. – Донецк: УНИТЕХ, 2007. – 318 с.
11. Аноприенко А.Я. Обобщенный кодо-логический базис в вычислительном моделировании и представлении знаний: эволюция идеи и перспективы развития // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника» (ИКВТ-2005) выпуск 93: – Донецк: ДонНТУ, 2005. С. 289-316.
12. Аноприенко А.Я. Расширенный кодо-логический базис компьютерного моделирования / В кн. «Информатика, кибернетика и вычислительная техника» (ИКВТ-97). Сборник научных трудов ДонГТУ. Выпуск 1. Донецк, ДонГТУ, 1997, с. 59-64.
13. Bell G. Bell's Law for the Birth and Death of Computer Classes: A theory of the Computer's Evolution. - Microsoft Research, Technical Report MSR-TR-2007-146, 13 November 2007. – 26 p.
14. Dutta S., Mia I. The Global Information Technology Report 2010–2011. Transformations 2.0. 10th Anniversary Edition. – Geneva: World Economic Forum. 2011. – 410 p.
15. Fuller S.H., Millett L.I. The Future of Computing Performance: Game Over or Next Level? – Washington, D.C. The National Academies Press. 2011. – 200 p.
16. Gantz J.F. The Expanding Digital Universe: A Forecast of Worldwide Information Growth Through 2010. – Framingham: IDC Information and Data, 2007. – 24 p.
17. Graham S.L., Snir M., Patterson C.A. Getting up to Speed: The Future of Supercomputing. – Washington, D.C. The National Academies Press. 2005. – 306 p.

18. Gray J. What Next? A Few Remaining Problems in Information Technology. 1998 Turing Lecture. <http://Research.Microsoft.com/~Gray>.
19. Gray J. What Next? A Dozen Information-Technology Research Goals. Microsoft Research Technical Report MS-TR-99-50. June 1999. 25 p.
20. Gray J., Reuter A. Transaction Processing: Concepts and Techniques. – San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1993. 1070 p.
21. Hennessy J.L., Patterson D.A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Fifth Edition. – Elsevier, Inc. 2012. – 852 p.
22. Hilbert M. Mapping the dimensions and characteristics of the world's technological communication capacity during the period of digitization (1986 - 2007/2010). – Information document of 9-th World Telecommunication/ICT Indicators Meeting (WTIM-11). Mauritius, 7-9 December 2011. – 29 p.
23. Hilbert M., López P. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information. – Science, APRIL 2011, VOL 332, N. 60. P. 60-65.
24. López P., Hilbert M. Methodological and Statistical Background on The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information 2012. – United Nations ECLAC, Annenberg School of Communication. 2012. – 302 p.
25. Moore G. E. Cramming more components onto integrated circuits / Electronics, vol. 38, no. 8, Apr. 1965. P. 114–117.
26. Moore G. E. Progress in digital integrated electronics / Proc. of the International Electron Devices Meeting (IEDM'75), vol.21, 1975. P. 11–13.
27. Schaller R. Technological Innovation in the Semiconductor Industry: A Case Study of the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS). – George Mason University. Fairfax, VA. 2004. – 836 p.
28. Sharov A.A., Gordon R. Life Before Earth / Cornell University Library's online archives arXiv.org. Submitted on 28 Mar 2013. <http://arxiv.org/pdf/1304.3381v1>.
29. Short J.E., Bohn R.E., Baru C. How Much Information? 2010. Report on Enterprise Server Information. - San Diego: Global Information Industry Center, 2011. – 36 p.
30. Solomon R., Sandborn P., Pecht M. Electronic Part Life Cycle Concepts and Obsolescence Forecasting // IEEE Trans. on Components and Packaging Technologies, Dec. 2000. P. 707-717.
31. Sood A., James G.M., Tellis G.J., Zhu J. Predicting the Path of Technological Innovation: SAW Versus Moore, Bass, Gompertz, and Kryder. – Emory University, 2012. – 54 p.
32. Victor N. M., Ausubel J. H. DRAMs as model organisms for study of technological evolution // Technological Forecasting and Social Change. Volume 69, Issue 3, April 2002. P. 243–262.
33. Wu J., Shen Y., Kitt Reinhardt K., Szu H., Dong B. A Nanotechnology Enhancement to Moore's Law / Applied Computational Intelligence and Soft Computing, Volume 2013, Article ID 426962. 13 p.

Как правильно ссылаться на данный доклад:

Аноприенко А.Я. Система закономерностей развития средств и методов компьютеринга // Материалы V всеукраинской научно-технической конференции «Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2014)» – 22-23 апреля 2014 г., Донецк, ДонНТУ, 2014. В 2-х томах. Т. 1. С. 11-23.