

УДК 681.325

А. Г. Лукашенко², к.т.н.,
І. А. Зубко¹, аспірант,
Д. А. Лукашенко², здобувач,
В. В. Корнух¹, магістр,
В. А. Лукашенко², к.т.н.,

В. М. Лукашенко¹, д.т.н., професор

¹ Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

² Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона
вул. Боженка, 11, м. Київ-150, 03680, Україна

ЗНАКОВІ МОДЕЛІ СТРУКТУРОВАНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДИНАМІЧНОГО РОЗВИТКУ СПІВПРОЦЕСОРІВ

У статті представлені знакові моделі, що ґрунтуються на структурованому методі визначення перспектив розвитку співпроцесорів за багатьма параметрами. Цей метод дозволить визначити розробника та виробника, які виготовляють найкращу модель співпроцесора.

Метою дослідження є визначення перспектив розвитку співпроцесорів за параметрами частоти, технології та кількості ядер одночасно за рахунок розробки апроксимуючих моделей сплайн-функцій на основі регресивного аналізу.

В роботі визначено сфери застосування співпроцесорів. Створено структуровані таблиці за параметрами частоти, «техпроцесу» та кількості ядер співпроцесорів для різних фірм виробників. Проведено порівняльний аналіз якісних характеристик сучасних моделей співпроцесорів різних фірм виробників. Побудовано образно-знакові моделі при використанні методу координат. Розроблено моделі сплайн-функцій перспективного розвитку основних параметрів співпроцесорів на базі регресійного аналізу. Виявлено перспективи подальшого розвитку графічних співпроцесорів сучасних моделей різних фірм виробників.

Ключові слова: співпроцесор, порівняльний аналіз, якісні характеристики, моделі сплайн-функцій.

Актуальність теми. Реалізація інноваційних проектів в області виробництва, енергетики, біологічних наук і в інших галузях потребує проведення великої, складної та трудомісткої обчислювальної роботи. Прагнення спростити та прискорити виконання трудомістких обчислень стало причиною появи та розвитку різних спеціалізованих співпроцесорів.

Співпроцесори виконують специфічні операції обробки: математичні; графічні; перетворення кодів та інші, зі швидкістю, яка у 100 разів більша ніж мікропроцесор [1, 2].

Створенню прецизійних обчислювачів трансцендентних функцій та формувачів зображень для комп'ютерно-інтегрованих систем з високопродуктивними компонентами присвячено багато робіт В.Д. Байкова, В.І. Корнейчука, В.Д. Пузанкова, К.Г. Самофалова, В.Б. Смолова, А.П. Стахова, В.П. Тарасенка, І.А. Дичка, А.І. Борзенко, А.В. Борескова, С.А. Полетаєва та інших. Але недостатньо висвітлено принцип визначення

перспективного розвитку типів співпроцесорів відповідного розробника та виробника [3, 4, 5]. Тому дослідження аналітичних залежностей розвитку сучасних співпроцесорів на єдиному методологічному й інформаційному базисі являє собою актуальну задачу.

Метою дослідження є визначення перспектив розвитку співпроцесорів за параметрами частоти, «техпроцесу» та кількості ядер за рахунок розробки апроксимуючих моделей сплайн-функцій на основі регресивного аналізу.

Для досягнення цієї мети поставлені наступні задачі:

1. Проаналізувати основні види сучасних співпроцесорів та сфери їх застосування.
2. Створити структуровані таблиці за основними параметрами графічних співпроцесорів для різних фірм виробників.
3. Побудувати образно-знакові моделі динамічного розвитку графічних співпроцесорів за параметрами: «техпроцес», кількість ядер, частота при використанні методу координат.

4. Отримати моделі апроксимуючих сплайн-функцій для оцінки перспективного розвитку основних параметрів графічних співпроцесорів на базі регресійного аналізу.

Рішення задачі. Об'єднання процесорів і арифметичних, графічних та спеціалізованих співпроцесорів дозволяє забезпе-

чити виняткову продуктивність комп'ютерно-інтегрованих систем при реалізації інноваційних проектів в області виробництва, енергетики, оборонної техніки, медицини (рис. 1) та в інших галузях завдяки візуалізації та паралельній обробці інформації [6, 7].



Рис. 1. Образно-знакова модель сфер застосування спеціалізованих співпроцесорів

Численність областей застосування співпроцесорів, які визначені на рис. 1, підтверджують актуальність дослідження існуючих сучасних моделей. В результаті досліджень лінії співпроцесорів [8] різних фірм

виробників з 2008 по 2016 роки створена структурована табл. 1 за основними параметрами графічних співпроцесорів для різних фірм виробників.

Таблиця 1

Структуровані дані параметрів співпроцесорів за роками відповідних моделей та фірм виробників

N п/п	Рік	Модель	Максимальна кількість ядер (шт)	«Техпроцес» (nm)	Частота (MHz)
фірма Qualcomm					
1	2008	Adreno 200	8	65	133
2	2009	Adreno 203	16	45	245
3	2012	Adreno 320	96	28	400
4	2013	Adreno 330	128	28	578
5	2015	Adreno 430	192	20	650
6	2016	Adreno 530	256	14	650
фірма NVIDIA					
1	2008	ULP GeForce	1	65	133
2	2009	ULP GeForce	8	40	333
3	2012	ULP GeForce	12	40	520
4	2013	Tegra 4	72	28	578
5	2015	NVIDIA Kepler	192	20	950
6	2016	NVIDIA Maxwell	256	20	950
фірма Imagination Technologies					
1	2008	SGX540	1	65	200
2	2009	SGX545	1	32	533
3	2012	G6200	2	28	600
4	2013	GX6650	6	28	650
5	2015	GXA6850	8	20	675
6	2016	GT7900	16	16	800

Продовження табл. 1

фірма ARM					
1	2008	Mali-200	1	65	275
2	2009	Mali-T604	4	32	533
3	2012	Mali-T658	8	28	595
4	2013	Mali-T760	16	28	650
5	2015	Mali-T860	16	28	700
6	2016	Mali-T880	16	16	850

На основі даних табл. 1 та методу координат побудовані знакові моделі (рис. 2) динамічного розвитку графічних співпроцесорів відповідно за основними параметрами: а) «техпроцес» M , nm); б) значення частоти

(f , MHz); в) кількості ядер (N , шт) та отримані моделі апроксимуючих сплайн-функцій з використанням методу найменших квадратів, які зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Сплайн-функції розвитку співпроцесорів

Параметр, що характеризує:	Сплайн-функція розвитку співпроцесорів моделей «Adreno» фірми QUALCOMM	Коефіцієнт кореляції
«Техпроцес»	$y = -0,3371x^3 + 2035,2x^2 - 4E+06x + 3E+09$	$R = 0,9963$
кількість ядер	$y = 0,1424x^3 - 857,44x^2 + 2E+06x - 1E+09$	$R = 0,9955$
частота	$y = -1,3285x^3 + 8015,6x^2 - 2E+07x + 1E+10$	$R = 0,9726$
Параметр, що характеризує:	Сплайн-функція розвитку співпроцесорів моделей фірми NVIDIA	Коефіцієнт кореляції
«Техпроцес»	$y = -0,2631x^3 + 1588,7x^2 - 3E+06x + 2E+09$	$R = 0,8828$
кількість ядер	$y = 0,036x^3 - 210,54x^2 + 410158x - 3E+08$	$R = 0,9887$
частота	$y = 1,0493x^3 - 6330,7x^2 + 1E+07x - 9E+09$	$R = 0,964$
Параметр, що характеризує:	Сплайн-функція розвитку співпроцесорів моделей Mali фірми ARM	Коефіцієнт кореляції
«Техпроцес»	$y = -0,7367x^3 + 4447,7x^2 - 9E+06x + 6E+09$	$R = 0,9732$
кількість ядер	$y = -0,0738x^3 + 445,17x^2 - 895433x + 6E+08$	$R = 0,93$
частота	$y = 5,621x^3 - 33932x^2 + 7E+07x - 5E+10$	$R = 0,9802$
Параметр, що характеризує:	Сплайн-функція розвитку співпроцесорів моделей «PowerVR» фірми Imagination Technologies	Коефіцієнт кореляції
«Техпроцес»	$y = -0,6011x^3 + 3629,3x^2 - 7E+06x + 5E+09$	$R = 0,9364$
кількість ядер	$y = 0,0581x^3 - 350,66x^2 + 704877x - 5E+08$	$R = 0,9468$
частота	$y = 6,6467x^3 - 40128x^2 + 8E+07x - 5E+10$	$R = 0,9705$

Значення коефіцієнтів кореляції R (табл. 2) підтверджують, що отримані сплайн-функції мають високі якісні характеристики рис. 2. Візуалізація відповідних залежностей значень апроксимуючих сплайн-функцій (рис. 2) дозволяє прогнозувати перспективність розвитку визначених параметрів співпроцесорів відповідних фірм розробників та виробників на базі регресійного аналізу [9].

Розвиток співпроцесорів за параметром «техпроцес», рис. 2а, всіх фірм виробників відбувся у 2008-2009 році поліпшився майже у 1,5 рази. Але у 2015-2016 роках найкращий «техпроцес» ($M=14\text{nm}$) при виготовленні співпроцесорів має фірма Qualcomm. Крім того, апроксимуючі сплайн-функції показують тенденцію подальшого розвитку співпроцесорів за цим параметром фірм Qualcomm, ARM, які за період 2015-2016 роки поліпшили «техпроцес» у 1,43 та 1,25 рази відповідно.

Розвиток за параметром частоти співпроцесорів різних фірм розробників та виробників з 2008 по 2016 роки представлено на рис. 2б.

Аналіз залежностей рис. 2б показує, що протягом 2015 та 2016 років фірми ARM і Imagination Technologies підвищили значення частоти співпроцесорів у 1,22 та 1,19 разів відповідно.

Візуалізація розвитку кількості ядер співпроцесорів за період з 2008 по 2016 роки (рис. 2в) показує, що фірми NVIDIA і Qualcomm мають максимальну кількість ядер в 2016 році. Це підвищує продуктивність співпроцесорів [10].

Отже, екстраполяції апроксимуючих сплайн-функцій підтверджують прогресивність зростання досліджених параметрів співпроцесорів для відповідних фірм розробників та виробників.

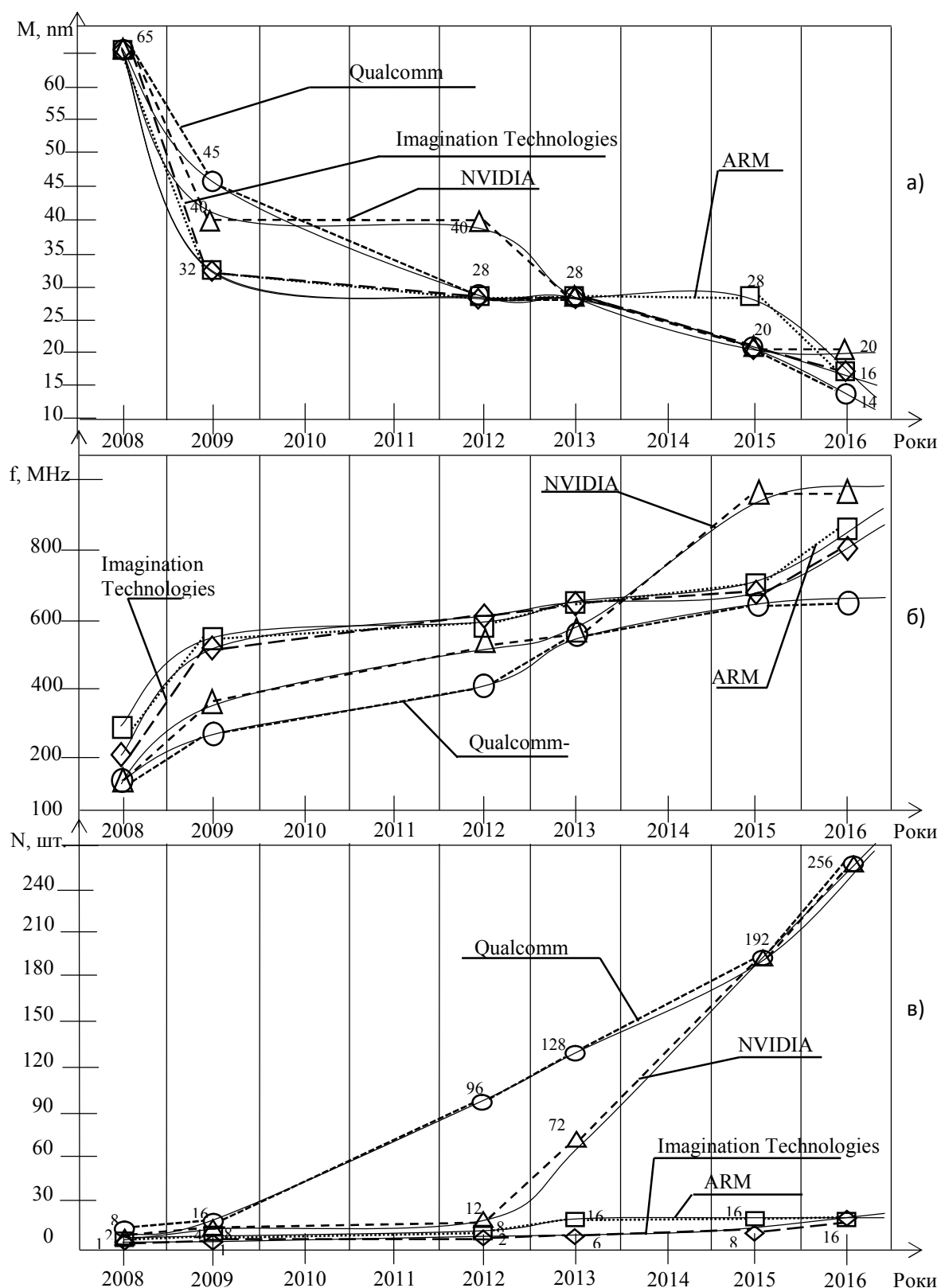


Рис. 2. Знакові моделі залежностей розвитку сучасних співпроцесорів різних фірм виробників за основними параметрами:

а) «технологій»; б) значення частоти; в) кількості ядер за період з 2008-2016 років

Примітка: $\square$ - ARM; $\circ$ - Qualcomm; $\triangle$ - NVIDIA; $\diamond$ - Imagination Technologies

Висновки. В роботі вирішена важлива науково-технічна задача визначення тенденцій перспективного розвитку співпроцесорів відповідних фірм за основними технічними параметрами шляхом розроблених інформаційно-аналітичних моделей та удосконалення методу візуалізації.

Науковою новизною є:

- удосконалений метод візуалізації тренду розвитку співпроцесорів шляхом розробки інформаційно-аналітичних моделей та отримати найбільше значення позитивної регресії моделей апроксимуючих сплайн-функцій. Якість апроксимації функцій підтверджена високим значенням коефіцієнта кореляції для виробників фірм:

- QUALCOMM моделей «Adreno» та ARM моделей Mali за параметром «техпроцес» і складає 0,99 і 0,97, а за параметром значення частоти – 0,97 і 0,98 відповідно;

- знакові моделі, що структуровані, водночас забезпечують сумісність використання отриманих технічних рішень з існуючими сучасними фізичними моделями співпроцесорів і, як наслідок, прискорюють процедуру їх проектування.

Список літератури

1. Корнук В. В., Лукашенко А. Г., Зубко І. А., Лукашенко Д. А., Лукашенко В. М., Лукашенко В. А. Структурований метод якісної оцінки багатопараметричних співпроцесорів. *Science without borders – 2017: materials of the XIII International scientific and practical conference* (30 March – 07 April, 2017, Sheffield, England). Sheffield: Science and Education Ltd, 2017. Vol. 12. С. 3–8.
2. Лукашенко В. А., Лукашенко А. Г., Романович Р. Я., Лукашенко Д. А. Модель якісної оцінки фірм виробників сопроцесорів. *Інформаційні технології та взаємодії–2015: збірник матеріалів II Міжнар. наук.-практ. конф.* (3-5 листопада 2015 року, м. Київ, Україна). Київ: НТУУ «КПІ», 2015. С. 214–216.
3. Шикин Е. В., Боресков А. В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения. Москва: ДИАЛОГ/МИФИ, 1996. 288 с.
4. Полетаев С. А. Параллельные вычисления на графических процессорах. URL: http://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_16_poletaev.pdf
5. Сергиенко А. М., Корнейчук В. И. Микропроцессорные устройства на программируемых логических ИС. Киев: Корнейчук, 2005. 108 с.
6. Лукашенко В. А., Лукашенко А. Г., Спивак В. М. Систематизація методів, моделей сопроцесорів для високошвидкісних, прецизійних мікропроцесорних проблемно-орієнтованих систем. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2015. № 1. С. 164–169.
7. Utkina T. Yu. Development of the multiple criteria model of qualitative assessment of modern pulse reflectometers *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2013. № 2. С. 40–43.
8. Графические ускорители: ARM, Adreno, GeForce ULP, PowerVR. URL: <http://gagadget.com/cellphones/14136-graficheskie-uskoriteli-arm-adreno-geforce-ulp-powervr-i-drugie/>
9. Chychuzhko M. V. Sign model of qualitative assessment of modern basic components of wireless devices for transmission of signals. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*. 2015. № 2. С. 16–20.
10. Utkina T. Yu. Sign model of the choice of effective pulse devices of information transmission lines diagnostics based on conditional similarity criteria. *Вісник Сумського державного університету*. 2013. № 3. С. 81–87.

References

1. Kornukh, V. V., Lukashenko, A. H., Zubko, I. A., Lukashenko, V. A., Lukashenko, D. A., Lukashenko, V. M. (2017) Strukturovaniy metod yakisnoi otsinky bahatoparametrychnykh spivprotseoriv. *Science without borders – 2017: materials of the XIII International scientific and practical conference* (30 March – 07 April, 2017, Sheffield, England). Sheffield: Science and Education Ltd, vol. 12, s. 3–8 [in Ukrainian].
2. Lukashenko, V. A., Lukashenko, A. H., Romanovych, R. Ya., Lukashenko, D. A. (2015) Model yakisnoi otsinky firm vyrobnykiv soprotsesoriv. *Informatsiini tekhnolohii ta vzaiemodii – 2015: zbirnyk materialiv II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (3-5 lystopada 2015 roku, m. Kyiv, Ukraina).

- Kyiv: NTUU «KPI», s. 214–216 [in Ukrainian].
3. Shykyn, E. V., Boreskov, A. V. (1996) *Kompiuternaia grafika. Dinamika, realisticheskiye izobrazheniya*. Moscow: DYALOH/MYFY, 288 p. [in Russian].
 4. Poletaev, S. A. Parallelnye vychisleniya na graficheskikh protsessorakh. URL: http://www.iis.nsk.su/files/articles/sbor_kas_16_poletaev.pdf
 5. Serhiyenko, A. M., Korneichuk, V. I. (2005) Mikroprotsessornye ustroystva na programiruemyykh logicheskikh IS. Kiev: Kornichuk, 108 p. [in Russian].
 6. Lukashenko, V. A., Lukashenko, A. H., Spivak, V. M. (2015) Systematyzatsiia metodiv, modelei soprotsesoriv dlia vysokoshvydkisnykh, pretsyziinykh mikroprotsessornykh problemno-orientovanykh system *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. No. 1, pp. 164–169 [in Ukrainian].
 7. Utkina, T. Yu. (2013) Development of the multiple criteria model of qualitative assessment of modern pulse reflectometers. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 2, pp. 40–43.
 8. Graficheskiye uskoriteli: ARM, Adreno, GeForce ULP, PowerVR. URL: <http://gagadget.com/cellphones/14136-graficheskie-uskoriteli-arm-adreno-geforce-ulp-powervr-i-drugie/>
 9. Chychuzhko, M. V. (2015) Sign model of qualitative assessment of modern basic components of wireless devices for transmission of signals. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, No. 2, pp. 16–20.
 10. Utkina, T. Yu. (2013) Sign model of the choice of effective pulse devices of information transmission lines diagnostics based on conditional similarity criteria. *Visnyk Sumskoho derzhavnogo universytetu*, No. 3, pp. 81–87.

A. G. Lukashenko², Ph.D.,

I. A. Zubko¹, P.G.,

D. A. Lukashenko², P.G.,

V. V. Kornuh¹, MA

V. A. Lukashenko², Ph.D.,

V. M. Lukashenko¹, Dr.Tech.Sc., professor

¹ Cherkasy State Technological University

Shevchenko blvd., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

² Institute of Electric Welding named after E. O. Paton

Bozhenko str., 11, Kyiv-150, 03680, Ukraine

SIGN MODELS OF STRUCTURED DEPENDENCES OF COPROCESSORS DYNAMIC DEVELOPMENT

The article presents sign models, based on a structured method of determining the prospects of coprocessors in many ways. This method allows to determine the developer and manufacturer, producing the best coprocessor model.

The purpose of research is to determine the prospects of coprocessors development according to the parameters of frequency, technology and the number of cores simultaneously through the development of approximating spline functions models based on regression analysis.

The scope of coprocessors use is determined. Structured tables after the basic coprocessors parameters for different manufacturers are created. A comparative analysis of qualitative characteristics of modern coprocessors models of various manufacturers is made. Graphic and symbolic models when using coordinates method are built. The models of spline functions of prospective development of the basic coprocessors parameters based on regression analysis are developed. The prospects for further development of graphic coprocessors of modern models of various manufacturers are considered.

Keywords: coprocessor, comparative analysis, quality specifications, models of spline functions.

Статтю представляє В. М. Лукашенко, д.т.н., професор.