

УДК 004.27; 004.31; 004.382.2

Ю.С. Яковлев, д-р техн. наук, проф.,  
Институт кибернетики им.В.М. Глушкова НАН Украины, Киев  
[jakus@bigmir.net](mailto:jakus@bigmir.net)

## О выборе графических ускорителей для компьютерных систем

*Предложена методика выбора графического ускорителя (видеокарты), отличительной особенностью которой является использование комплексных критериев и базовых параметров, вычисленных на основе параметров видеокарт с целью получения безразмерных величин при определении двух типов комплексных критериев – среднеарифметического и среднегеометрического. Приведен пример выбора видеокарты в соответствии с предложенной методикой среди выделенных наборов видеокарт отдельно для фирм-производителей ATI(AMD) и NVIDIA.*

**Ключевые слова:** графический ускоритель, видеокарта, методика выбора видеокарты, комплексные критерии выбора.

### Введение

Для некоторых актуальных и трудоемких задач время их решения с помощью суперЭВМ, кластеров и другого типа систем на их основе является весьма значительным и поэтому не устраивает пользователя, который часто должен принимать решения в реальном масштабе времени. Попытка масштабировать такие системы путем наращивания их вычислительных средств часто не приводит к требуемым результатам, так как производительность при этом увеличивается существенно меньше ожидаемого (нелинейно) за счет задержек сигналов в среде коммутации, которая связывает между собой суперЭВМ и ее компоненты. Применение ускорителей вычислительного процесса даже для одной суперЭВМ может привести к повышению производительности и, следовательно – к сокращению времени решения задачи пользователя. Особое место при этом занимают графические ускорители

[1 – 23, 25 – 27], среди большого множества которых можно выделить два основных класса: игровые, основное назначение которых – обеспечить комфортное отображение на экране компьютера игровую картинку и динамику игровых процедур в реальном времени взаимодействия пользователя с компьютером, и профессиональные, которые используются в профессиональных системах для обеспечения требуемой производительности и необходимого качества графического отображения объектов на экране монитора при решении различного класса задач, например, задач быстрого преобразования Фурье, обработки радарных сигналов, обработки графики в медицинских системах, в системах проектирования – САПР, исследовательских системах в области генетики и др.). Профессиональные графические ускорители могут рассматриваться как программно-аппаратный комплекс, в который помимо аппаратной части входит ориентированный под кон-

кретные приложения OpenGL-драйвер (вместо DirectX в игровых ускорителях).

### Актуальность

Учитывая тот факт, что параметры функциональных видеокарт от семейства к семейству и от серии к серии мало подвержены изменениям во времени даже при переходе от одной технологии изготовления элементов на кристалле, трудно принять логически обоснованное решение при выборе конкретной видеокарты, опираясь только на наборы значений параметров каждой видеокарты. Более того, при переходе на более совершенную технологию отдельные важные параметры (с точки зрения повышения производительности) вопреки ожиданиям уменьшаются, а другие (менее важные) – наоборот увеличиваются. Задача выбора также усложняется тем, что информация для множества видеокарт часто представлена в виде рекламы с отражением тех параметров, которые удобно рекламировать, а официальная информация часто труднодоступна, и поэтому сделать определенные логические выводы по выбору оптимальной видеокарты затруднительно. Кроме того, некоторые пользователи пытаются применить игровые видеокарты в качестве профессиональных в основном из-за более низкой стоимости игровых видеокарт. Это является весьма проблематичной задачей, так как при этом требуется заменить драйвер типа DirectX на OpenGL, выполнить (часто требуется) необходимые изменения на плате ускорителя, согласовать разъемы плат и источники питания и т.п. Профессиональные же видеокарты при установке их в игровые системы часто не повышают производительность этих систем, что приводит в недоумение пользователей.

### Цель работы

В связи с указанными выше факторами целью работы является разработка для выбора ви-

деокарты методики, основанной на применении предложенных комплексных критериев, а также на использовании параметров видеокарт, определяющих наибольшее ускорение вычислений.

### Задачи работы

1). Анализ архитектурно-структурной организации и параметров игровых и профессиональных видеокарт фирм производителей АТІ (AMD) и NVIDIA, и определение основных признаков профессиональных видеокарт, отличающих их от игровых

2). Формирование и обоснование двух типов комплексных критериев – среднеарифметического и среднегеометрического.

3). Разработка методики выбора видеокарты с применением комплексных критериев

### Решение задач

*Особенности игровых графических ускорителей.* Уже много лет на рынке графических ускорителей в основном конкурируют две компании: АТІ (в настоящее время AMD с брендом AMD Radeon) и NVIDIA (с брендом GeForce) Основные параметры игровых графических ускорителей отображены в [1 – 7], а содержательная сущность этих параметров показана в табл.1 [8 – 11]. При оценке функциональной и технической возможностей видеокарт помимо параметров, определяющих производительность видеокарты, следует учитывать также и некоторые другие требования, например, особые требования к электропитанию, тепловыделению и охлаждению, а также физические размеры видеокарт. В частности, некоторые игровые графические ускорителями – это дорогие видеокарты, отличающиеся повышенными требованиями к энергообеспечению, при этом такая видеокарта с системой охлаждения занимает 2 слота в корпусе ЭВМ и не отличается высокой эффективностью и комфортной тишиной работы.

Другие мощные графические ускорители, которые имеют тихую и эффективную систему охлаждения, также могут занимать два слота и имеют увеличенные размеры длины и поэтому не могут помещаться в некоторые типы корпусов.

На основе анализа параметров выпускаемых в настоящее время игровых графических ускорителей можно сделать следующие выводы:

1). Значения основных параметров видеокарт главных производителей Nvidia и AMD (ATI) при одинаковом техпроцессе изготовления эле-

ментов на кристалле (например, 40 нм) для каждой категории параметров – примерно одинаковы или находятся в одном и том же диапазоне значений. Например, параметры видеокарт Nvidia GeForce GTX 560 и AT Radeon HD 5870, изготовленные по технологии 40 нм, примерно одинаковы. Почти одинаковы также параметры видеокарт Nvidia GeForce GTX 650 и AT Radeon HD 7790 и т.д.

2). При применении производителями видеокарт одинакового технологического процесса (например, 40 нм) каждая фирма стремится совершенствовать архитектуру и структуру что приводит к появлению новых семейств видеокарт, отличающихся наличием дополнительных процессоров различного функционального назначения, а также применением новых схемных решений (например, увеличение ступеней конвейера и т.д.).

Например, фирмой Nvidia только за один год (с 05.2012г по 05.2013г) выпустила два семейства видеокарт, при этом потребляемая мощность и стоимость видеокарты Nvidia GeForce GTX 780 по сравнению с этими параметрами видеокарты GeForce GTX 680 увеличились в 1,3 раза.

Естественно, что значительную долю увеличения этих параметров отнесены к замене графического процессора (GK101 заменен на GK110), к совершенствованию подсистемы теплоотвода и к усложнению непосредственно технологического процесса при изготовлении чипа и платы в целом.

3). При переходе с одной технологии изготовления элементов на кристалле на более совершенную (например, с 40 нм на 28 нм.) и в соответствии с этим при внесении изменений в архитектуру и структуру видеокарты (например, увеличение ступеней конвейеров обработки данных), как правило, увеличиваются значения параметров, определяющих в основном производительность видеокарты: Так при создании Nvidia GeForce GTS 250 использовалась 55 нм технология. При переходе на 28 нм технологию при создании видеокарты Nvidia GeForce GTX Titan ее параметры увеличились следующим образом: частота ядра – в 1,2 раза, объем видеопамати – практически в 2 раза, ширина шины памяти – в 1,5 раза, частота ее работы – в 2,7 раза, а пропускная способность памяти – в 4,1 раза. Естественно, при этом потребляемая мощность видеокарты увеличилась в 1,7 раза, а ее цена возросла почти в 6 раз.

Таблица 1. Содержательная сущность основных параметров современных видеокарт

| Наименование параметра  | Содержательная сущность параметра   |
|---|---|
| Графический порт  | Используется адаптером для связи с центральным процессором ( AGP, PCI-Express)  |
| Размер элементов на микросхеме  | Определяется технологическим процессом изготовления микросхемы (18 нм, 28 нм, 40 нм и др.)  |
| Частота RAMDAC  | Определяет, какое максимальное разрешение и частоту обновления экрана возможно выставить на видеоадаптере.  |
| Объем видеопамати   | Определяет объем данных, которые ускоритель может загрузить в свою память (256, 512, 1024 MB и др.). Используется видеочипами для хранения необходимых данных: текстур, вершин, буферов и т.п.  |
| Тип видеопамати   | Обеспечивает частоту и пропускную способность видеопамати   |
| Время обращения к памяти  | Интервал времени между началом обработки запроса к запоминающему устройству и получением от него запрошенных данных. Измеряется в наносекундах.   |
| Частота шины видеопамати  | Частота шины памяти на современных видеокартах (от 500 МГц до 3000 МГц и более).  |
| Разрядность шины памяти   | Является важнейшей характеристикой, влияющей на пропускную способность памяти (ПСП) и соответственно на производительность системы.   |
| Тактовая частота GPU (графического процессора)                              | Определяет в основном производительность графического процессора. Измеряется в МГц. (625 МГц, 750 МГц и др.)  |
| Скорость заполнения (филлрейт)  | Показывает, с какой скоростью видеочип способен отрисовывать пиксели. Различают два типа филлрейта: пиксельный (pixel fill gate) и текстурный (texel gate). Пиксельная скорость заполнения показывает скорость отрисовки пикселей на экране и зависит от рабочей частоты и количества блоков ROP (блоков операций растеризации и блендинга), а текстурная — это скорость выборки текстурных данных, которая зависит от частоты работы и количества текстурных блоков. |
| Число пиксельных и вершинных конвейеров                                     | Вершинные конвейеры выполняют расчеты каркасов объектов, а пиксельные заполняют их. По числу блоков пиксельных шейдеров и их частоте можно сравнить шейдерную производительность разных видеокарт.  |
| Аппаратная поддержка API (DirectX и OpenGL)                                 | Например, DirectX 9.0, DirectX 10, DirectX 11, OpenGL 3.1 и др.   |
| Количество унифицированных шейдерных блоков (или универсальных процессоров) | Шейдер – это программа для одной из ступеней графического конвейера, используемая в трехмерной графике для определения окончательных параметров объекта или изображения. В настоящее время шейдеры делятся на три типа: вершинные, геометрические и фрагментные (пиксельные). Унифицированные шейдерные блоки используют согласованный набор команд для всех типов шейдеров   |
| Блоки текстурирования (TMU)   | Эти блоки работают совместно с шейдерными процессорами всех указанных типов, ими осуществляется выборка и фильтрация текстурных данных, необходимых для построения сцены. Число текстурных блоков в видеочипе определяет текстурную производительность, скорость выборки из текстур (64 шт, 128шт и др.).   |
| Блоки операций растеризации (ROP)   | Блоки растеризации осуществляют операции записи рассчитанных видеокартой пикселей в буферы и операции их смешивания (блендинга).  |
| Поддержка кодеков   | Позволяет снять нагрузку с процессора во время обработки видео  |
| Поддержка различных технологий обработки изображений                        | Технологии Multi-GPU SLI и Crossfire, такие как NVIDIA PureVideo, улучшающие визуальное качество видео, или другие, ускоряющие обработку определенных задач: теней, сглаживания и др.   |
| Количество потоковых процессоров, шт.                                       | 1024, 2048 и т. п.  |
| Макс. разрешение  | VGA: 2048×1536, DVI: 2560×1600, HDMI: 4096x2160, DP: 4096x2160 и др.  |

Продолжение таблицы 1

| Наименование параметра                   | Содержательная сущность параметра  |
|--|--|
| Средняя розничная цена, долл.            | 250, 300, 500 долл. и др.  |
| Требования к питанию                     | Питания, поставляемого материнской платой, может оказаться недостаточно. В этом случае используют независимое питание непосредственно от блока питания через соответствующие разъемы. Современные видеокарты в одиночку потребляют до 500 Вт, и они одни нуждаются в 12-18 А по линии 12 В от БП только на видеокарту! (130, 250, 500 Вт и др..)   |
| Разъемы для подключения устройств вывода | DVI (DVI-D, DVI-A, DVI-I), Разъем HDMI, DisplayPort и др.  |
| Системы охлаждения и физические размеры  | Применяются активные, с радиатором (или радиаторами) и вентилятором (или вентиляторами - кулерами), а также системы на базе тепловых трубок, которые улучшают теплопередачу. Такие кулеры могут занимать пространство как одного слота расширения, так и двух слотов. Некоторые из типовых моделей видеокарт обладают также слишком большой длиной печатной платы (чаще всего делают карты с длиной PCB — 270 мм.) |

Аналогичный факт можно отметить и для видеокарт фирмы AMD (ATI). Например, при изготовлении видеокарты Radeon X 1950 XTX эта фирма использовала технологический процесс с размерами элементов на кристалле 90 нм. При переходе на технологию 28 нм при создании видеокарты Radeon HD 7970 параметры этой видеокарты возросли следующим образом: частота ядра увеличилась в 1,4 раза, объем видеопамати – в 5,9 раз, размер шины памяти – в 1,5 раз, эффективная частота работы памяти – в 2,75 раз, а пропускная способность памяти – в 4,1 раза. При этом потребляемая мощность видеокарты Radeon HD 7970 по сравнению с видеокартой Radeon X 1950 XTX возросла в 2,5 раза, а цена – в 9,6 раз.

Приведенные показатели не являются типовыми. Однако, учитывая, что для анализа выбраны параметры, по крайней мере, не самых плохих образцов видеокарт каждого семейства для обеих фирм - производителей, можно говорить о тенденциях развития игровых графических ускорителей, что нельзя с аналогичной точки зрения отметить для профессиональных видеокарт, которые по сравнению с игровыми имеют специфические особенности

*Особенности профессиональных графических ускорителей* [1, 12 – 23]. Профессиональные ускорители – это класс видеокарт, основное назначение которых заключается в ускорении работы программ для автоматизированного проектирования и трехмерного моделирования. Видеокарты такого уровня обладают высокой стоимостью и имеют уникальные возможности, недоступные для видеокарт других семейств [14 – 16.]. Профессиональные 3D-ускорители в первую очередь отличаются по сравнению с игровыми следующими признаками [13]:

– Прежде всего, используемым API. Если большинство игровых приложений работает через

DirectX, то профессиональные пакеты для трехмерного моделирования и САПР используют только OpenGL.

– Ключевой параметр для профессиональных контроллеров – геометрическая производительность (ГП). Для игровых же карт, где текстуры накладываются в реальном времени, а геометрия не столь сложна, основная ставка делается именно на скорость текстурирования, а также на обработку вершин и пикселей.

– В профессиональных ускорителях часто используется аппаратная поддержка сглаживания контуров, а также другие функции, отсутствующие в игровых картах и служащие для улучшения отображения 3D-моделей. Например, профессиональные графические платы могут снабжаться специализированными дополнениями (plug-ins) для наиболее распространенных приложений (3ds max, AutoCAD), увеличивающими скорость и качество изображения в этих программах.

– Профессиональные видеоадаптеры должны решать специализированные задачи, что позволяет применять иные подходы при разработке драйверов, например, специализированных OpenGL-драйверов, оптимизированных для работы в программных продуктах соответствующего уровня. Драйверы для профессиональных плат никогда не ориентируются на ухудшение качества изображения ради скорости и в этом их принципиальное отличие от драйверов для игровых 3D-ускорителей.

– Уровень технической поддержки, оказываемой изготовителями своим профессиональным продуктам, как правило, значительно выше, чем для игровых изделий.

– Цены на профессиональные видеокарты в разы превышают цены на игровые видеокарты класса high-end..

Важна также и реализация технологий GenLock и FrameLock в последнем поколении профессиональных ускорителей. Первая предназначена для синхронизации выдаваемого картой видеосигнала с внешним источником, а вторая реализует принципы кластерной визуализации, взаимно синхронизируя каналы множества рабочих станций.

Анализ параметров профессиональных видеокарт [12 – 19] показывает, что, в отличие от игровых видеокарт, значение каждого параметра профессиональных видеокарт находятся примерно в одном числовом диапазоне и существенно не отличаются независимо от уровня используемых технологий и типа видеокарты. (например, параметры видеокарт таких, как: FireGL V7700 и FireGL V7600 и FireGL V7300 фирмы ATI, а также видеокарт Quadro FX 4500 и Quadro FX 3700 и др.. фирмы Nvidia). Эти видеокарты выполнены с применением различных технологических норм (110 нм, 90 нм, 80 нм и 55 нм.). Исключение составляет изменение параметров объема памяти, разрядности шины и пропускной способности памяти видеокарт фирмы Nvidia при переходе технологии на 55нм и 28 нм.

Следует отдельно отметить профессиональные видеокарты, семейств Nvidia, ATI FireGL, а также других производителей, включая Matrox Parhelia и 3Dlabs Wildcat [16]. При этом видеокарты фирмы Nvidia представлены сравнительно недавно выпущенными моделями: Nvidia Quadro K6000, Nvidia Quadro K5000, Nvidia Quadro K4000, Quadro K2000, Nvidia Quadro K2000D и др. [17, 19]. Выделим только некоторые из них.

Видеокарта Nvidia Quadro K4000 построена на GPU GK106 и имеет 3 Гб памяти. Поддерживает несколько мониторов и режим стереоскопического вывода. Число шейдерных блоков равно 768, текстурных (TMU) — 64, растровых (ROP) — 24, SMX — 4, ширина шины памяти — 192 разряда. Частота GPU составляет 810, 5 МГц, памяти — 1404 МГц (эфф. 5616 МГц). Значение TDP — 80 Вт. Карта оснащена одним выходом DVI и двумя выходами DisplayPort.

Кроме того, компания Nvidia недавно анонсировала новую флагманскую видеокарту Quadro K6000, предназначенную в первую очередь для массовых визуальных вычислений для установки в профессиональные рабочие станции. Видеокарта Nvidia Quadro K6000 – это графический монстр, к которому подключается до 12 Гб видеопамати GDDR5 с полосой пропускания 288 Гбайт/с. [19].

В основу новинки использован созданный по 28-нм проектным нормам чип GK110 с максимально возможным для данного GPU количеством активных ядер CUDA, равным 2880 шт, а также с 256 текстурными модулями (TMU) и с 48 блоками растеризации (ROP). Видеокарта получила 2880 потоковых процес-

соров, поддержку разрешения 4K или Ultra HD и ряд других технических особенностей.

Видеокарты других фирм – производителей представлены следующими семействами [16], параметры которых отображены на сайтах соответствующих фирм:

– Семейство профессиональных видеокарт компании ATI представлено серией FireGL, включающей модели FireGL X2-256t, FireGL X1-256p, FireGL X1-128, FireGL Z1-128 и FireGL T2-128.

– Семейство профессиональных видеокарт компании Matrox представлено серией Parhelia, куда входят три карты: Parhelia 256MB, Parhelia 128MB и Parhelia 256MB PCI.

– Профессиональные карты компании 3D labs представлены семейством 3D labs Wildcat VP, включающим модели VP990Pro, VP880Pro, VP870, VP760 и VP560.

Таким образом, помимо компаний, специализирующихся на профессиональной графике (3Dlabs или Matrox), - созданием подобных видеокарт занимаются гиганты графической индустрии – канадская компания ATI Technologies и калифорнийская Nvidia Corporation. Различия в аппаратных средствах профессиональных и игровых видеокарт – незначительные, так как они используют почти одни и те же микросхемы, но при этом реализуемые функции программируются соответствующим программным обеспечением (в том числе – драйверами), а вот рабочие частоты профессиональных плат, как правило, меньше. Это не снижает ранг профессиональных карт – скорость закраски для них по сравнению с игровыми картами не является существенным, так как реализуется перед конечным представлением изображения на экране

*Формирование комплексного критерия оценки видеокарт.* Учитывая сходство значений одних параметров некоторых профессиональных видеокарт и отличия значений других параметров (в большую или меньшую сторону) для тех же видеокарт, весьма трудно определить с выбором оптимальной для необходимого ускорения процесса обработки информации в конкретной системе при решении задач пользователя. Для этого целесообразно использовать комплексный критерий, включающий следующие параметры, непосредственно влияющие на производительность видеокарты: частота ядра ( $F_p$ ), эффективная частота памяти ( $F_m$ ), объем памяти ( $Q_m$ ), интерфейс памяти – ширина шины памяти ( $S_m$ ) и ее пропускная способность ( $G_m$ ), а также общее количество внесенных в чип графического процессора и непосредственно в видеокарту различных функциональных компонентов ( $W_K$ ), например, процессоров различного функционального назначения (потоковых, шейдерных, растровых и др.). Естественно, что чем больше этих дополнительных процессоров имеет видеокарта, тем более высокую производительность она может обеспечить, так как эти блоки берут на себя часть функций графического процессора, кото-

рые могут быть реализованы параллельно. При этом эти же блоки могут одновременно улучшить и качество изображения на экране пользователя.

В общем случае для оценки производительности видеокарт можно воспользоваться комплексным критерием, который предлагается представить или как среднеарифметическое  $\Omega_A$  или как среднегеометрическое  $\Omega_G$  значений указанных выше параметров согласно следующих выражений (1) и (2):

$$\Omega_A = \sqrt[6]{\frac{F_{Pi}}{F_{P_b}} + \frac{Q_{mi}}{Q_{m_b}} + \frac{S_{mi}}{S_{m_b}} + \frac{F_{mi}}{F_{m_b}} + \frac{G_{mi}}{G_{m_b}} + \frac{W_{ki}}{W_{k_b}}} \quad (1)$$

$$\Omega_G = \sqrt[6]{\frac{F_{Pi}}{F_{P_b}} \times \frac{Q_{mi}}{Q_{m_b}} \times \frac{S_{mi}}{S_{m_b}} \times \frac{F_{mi}}{F_{m_b}} \times \frac{G_{mi}}{G_{m_b}} \times \frac{W_{ki}}{W_{k_b}}} \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, h$ ; при этом  $h$  – количество видеокарт в оцениваемом наборе.

Каждый параметр в выражениях (1) и (2) нормирован по отношению к соответствующему базовому, который обозначен индексом  $b$ , и поэтому все значения в этих выражениях представлены безразмерными величинами. Параметр  $\mu_i$  является также безразмерной величиной и используется для оценки степени важности каждого из параметров, при этом его значение принимается (например, пользователем видеокарты или экспертом) исходя из выражения:

$$\mu_i < 1, \quad i = 1, 2, \dots, b$$

$$\sum_{i=1}^k \mu_i = 1 \quad (3)$$

Основные положения методики выбора графических ускорителей с использованием комплексных критериев включают следующие процедуры:

1. Прежде всего, определяются с фирмой - изготовителем видеокарт: ATI (AMD), NVIDIA, INTEL и др.

2. Предварительно оценивают приемлемую потребляемую мощность и размеры видеокарты (например, исходя из возможностей имеющегося источника питания, наличия требуемого места и размера слота в корпусе системы и др.), а также стоимость видеокарты и версию драйвера (Direct X или OpenGL). При этом, естественно, учитывают уровень технологии (например, 40 нм.), так как, чем выше уровень технологии, тем новее видеокарта и тем более функционально она насыщена для повышения качества изображения на экране монитора и тем больше времени она прослужит при развитии средств вычислительной техники, в том числе при смене аппаратно-программных платформ.

3. Далее с учетом значений параметров, согласно п.1 и п.2, формируют набор видеокарт выбранной фирмы изготовителя.

4. Для каждого параметра, входящего в выражения (1) и (2) всех видеокарт сформированного согласно п.1 и п.2 набора, вычисляют простое арифметическое среднее значение, которое и принимают в качестве базового (с индексом  $b$ ) для соответствующего параметра. Таким образом, формируются параметры так называемой виртуальной базовой видеокарты, что позволяет при расчете критериев использовать в подкоренном выражении (1) и (2) безразмерные величины. Такой подход является правомерным, так как весьма быстро появляются новые видеокарты и снимаются с производства уже нашедшие широкое применение, что затрудняет процесс выбора реальной базовой видеокарты.

5. Определяют по выражениям (1) или (2) для каждой видеокарты сформированного набора значения комплексного критерия (лучше по выражению (2)) и выбирают ту видеокарту, для которой значения

$$\Omega_G = \Omega_G(\max), \text{ или } \Omega_A = \Omega_A(\max). \quad (4)$$

6. Если по каким-то параметрам выбранная видеокарта не удовлетворяет пользователя, то выбирают альтернативную видеокарту, для которой значения параметров  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$  ближе всех к максимальным для рассматриваемого набора видеокарт, но в большей степени (чем выбранная видеокарта) соответствует требованиям пользователя согласно п.2, в том числе по потребляемой мощности ( $P_B$ ) и стоимости ( $\Psi_B$ ), возможности поддержки OpenGL или DirectX соответствующих версий, по конструктивному исполнению, источнику питания и др.

7. Если пользователь не находит в исследуемом наборе нужную ему видеокарту, то переходят на аналогичный анализ видеокарт другой фирмы-производителя и соответственно выполняют п.п. 2 – 6 данной методики.

*Примеры выбора графических ускорителей.* В табл. 2 и табл. 3 приведены примеры выбора графических ускорителей для фирм-изготовителей ATI (AMD) и NVIDIA согласно предложенной методики. При этом параметры графических ускорителей, используемые в выражениях (1) и (2), взяты соответственно из [1 – 7]. Для удобства анализа в таблицу 2 и таблицу 3 внесен также набор дополнительных параметров, необходимых для принятия корректного решения по выбору видеокарты.

Анализ таблицы 2 показывает, что согласно (4) максимальные значения параметров  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$  получено для видеокарт **GeForce GTX 690** и **GeForce GTX Titan**, несмотря на то, что частоты работы их графических процессоров не являются по сравнению с другими максимальными. Очевидно, что такие параметры комплексной оценки производительности для этих видеокарт обеспечены за счет более высоких параметров емкости и частоты работы памяти, большей разрядности шины памяти и более высокой ее пропускной способности, и что особенно важно – существенно большего (по сравнению с другими ви-

деокартами этого набора) числа дополнительных блоков графической обработки, которые не только влияют на повышение производительности, но и на качество формирования графической информации на экране монитора пользователя. Однако параметры потребляемой мощности и цены на эти видеокарты

также высокие, что приводит к целесообразности для некоторых пользователей рассматривать более приемлемый вариант видеокарты **GeForce GTX 680**, параметры  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$  которого близки по значениям с параметрами видеокарт **GeForce GTX 690** и **GeForce GTX Titan**.

Таблица 2. Параметры видеокарт **NVIDIA** и значения рассчитанных критериев выбора  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$

| №   | Наименование видеокарты | Частота ядра, $F_p$ , МГц | Объем видеопамяти, $Q_m$ , МБ | Ширина шины памяти, $S_m$ , bits | Частота видеопамяти $F_m$ , МГц | Пропускная способность памяти $G_m$ , ГБ/с | Количество функц. Блоков $W_k$ , шт/гук | $\Omega_A$ | $\Omega_G$ | Max TDP, $P_B$ , Вт | Цена, $\Psi_B$ , дол. | Direct X | Тех процесс, нм |
|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--|---|------------|------------|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| 1   | GeForce GTS 250         | 738                       | 2048                          | 256                              | 2200                            | 70,4                                       | 208                                     | 1,22       | 0,47       | 150                 | 169                   | DX 10    | 55              |
| 2   | GeForce GTX 295         | 576                       | 1792                          | 512                              | 2000                            | 224,                                       | 424                                     | 1,30       | 0,66       | 289                 | 499                   | DX 10    | 55              |
| 3   | GeForce GTX 560         | 1620                      | 1024                          | 256                              | 4008                            | 256,                                       | 424                                     | 1,30       | 0,73       | 150                 | 249                   | DX 11    | 40              |
| 4   | GeForce GTX 660         | 1058                      | 2048                          | 128                              | 5000                            | 80,  | 1064                                    | 1,28       | 0,68       | 64                  | 109                   | DX 11    | 28              |
| 5   | GeForce GTX 660 Ti      | 980                       | 2048                          | 192                              | 1502                            | 144,2                                      | 1480                                    | 1,28       | 0,68       | 110                 | 149                   | DX 11    | 28              |
| 6   | GeForce GTX 670         | 915                       | 2000                          | 256                              | 6008                            | 192  | 1480                                    | 1,34       | 0,93       | 170                 | 399                   | DX 11    | 28              |
| 7   | GeForce GTX 680         | 1006                      | 4096                          | 256                              | 6008                            | 256,                                       | 1696                                    | 1,38       | 1,15       | 195                 | 499                   | DX 11    | 28              |
| 8   | GeForce GTX 690         | 915                       | 4000                          | 512                              | 6008                            | 384  | 3392                                    | 1,45       | 1,52       | 300                 | 999                   | DX 11    | 28              |
| 9   | GeForce GTX 770         | 1046                      | 4096                          | 256                              | 1753                            | 224  | 1696                                    | 1,34       | 0,92       | 230                 | 399                   | DX 11    | 28              |
| 10  | GeForce GTX 780         | 863                       | 4096                          | 256                              | 6000                            | 160  | 2544                                    | 1,38       | 1,11       | 250                 | 649                   | DX 11    | 28              |
| 11  | GeForce GTX Titan       | 836                       | 6000                          | 384                              | 6000                            | 288  | 2960                                    | 1,44       | 1,42       | 250                 | 999                   | DX 11    | 28              |
| $\Sigma_{ст}$   |                         | 10553                     | 33248                         | 3264                             | 46487                           | 2278,6                                     | 17368                                   |            |            |                     |                       |          |                 |
| Среднее значение параметра для каждого столбца (базовый параметр) |                         | $(F_b)_p$                 | $(Q_b)_m$                     | $(S_b)_m$                        | $(F_b)_m$                       | $(G_b)_m$                                  | $(W_b)_k$                               |            |            |                     |                       |          |                 |
|   |                         | 959,3                     | 3022,5                        | 296,7                            | 4226,1                          | 207,14                                     | 1578,9                                  |            |            |                     |                       |          |                 |

**Примечание:** расчеты значений  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$  соответственно по формулам (1) и (2) выполняются для каждой строчки таблицы. При этом каждое значение параметра выбранной строчки таблицы делят на соответствующее базовое значение (внизу соответствующего столбца таблицы, которое обозначено буквой **b**) и таким образом наполняют безразмерными данными формулы (1) и (2). Базовое значение параметра для каждого столбца получают путем деления суммы всех параметров столбца на количество видеокарт в анализируемом наборе. Далее после получения подкоренного выражения извлекают корень 6-й степени. При расчете значения  $\Omega_{G1}$  используют те же исходные данные подкоренного выражения, что и для  $\Omega_{A1}$ , только вместо операции сложения применяют операцию умножения всех членов. Значения параметров  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$  для таблицы 3 рассчитывают аналогично

Таблица 3. Параметры видеокарт AT I (AMD) и значения рассчитанных критериев выбора  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$ 

| №   | Наименование Видеокарты | Fp, МГц                        | Qm, МБ                         | Sm, bits                       | Fm, МГц                        | Gm, ГБ/с                       | Wk, штук                       | $\Omega_A$ | $\Omega_G$ | Max TDP P <sub>B</sub> , Вт | Цена, $\Psi_B$ , дол. | Direct X | Тех-процесс, нм |
|---|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------|------------|-----------------------------|-----------------------|----------|-----------------|
| 1   | 2                       | 3                              | 4                              | 5                              | 6                              | 7                              | 8                              | 9          | 10         | 11                          | 12                    | 13       | 14              |
| 1   | Radeon HD 7990          | 1000                           | 6000                           | 384,                           | 6000,                          | 576,                           | 4256,                          | 1,50       | 1,79       | 375                         | 999                   | DX 11.1  | 28              |
| 2   | Radeon HD 7970          | 925                            | 3000                           | 384                            | 5500,                          | 264,                           | 2208,                          | 1,39       | 1,22       | 250                         | 549                   | DX 11.1  | 28              |
| 3   | Radeon HD 7790          | 1000                           | 1000                           | 128                            | 6000,                          | 96,                            | 968                            | 1,28       | 0,64       | 85                          | 149                   | DX 11.1  | 28              |
| 4   | Radeon HD 6990          | 880                            | 4000                           | 256                            | 5000,                          | 320,                           | 3200,                          | 1,41       | 1,29       | 450                         | 699                   | DX 11    | 40              |
| 5   | Radeon HD 5870          | 850                            | 1024                           | 256                            | 4800,                          | 153,6                          | 1712,                          | 1,31       | 0,80       | 188                         | 399                   | DX 11    | 40              |
| 6   | Radeon HD 4890          | 850                            | 1024                           | 256                            | 3900,                          | 125,                           | 856,                           | 1,27       | 0,67       | 190                         | 259                   | DX 10.1  | 55              |
| 7   | Radeon HD 3870 X2       | 825                            | 1024                           | 256                            | 1800,                          | 116                            | 704,                           | 1,24       | 0,56       | н.д                         | 449                   | DX 10.1  | 55              |
| 8   | Radeon HD 2900 XT       | 750                            | 512                            | 512                            | 1650                           | 106                            | 352,                           | 1,25       | 0,48       | 215                         | 399                   | DX 10    | 80              |
| Σст   |                         | 7080                           | 17584                          | 2432                           | 34650                          | 1756,6                         | 14256                          |            |            |                             |                       |          |                 |
| Среднее значение параметра для каждого столбца (базовый параметр) |                         | (F <sub>b</sub> ) <sub>p</sub> | (Q <sub>b</sub> ) <sub>m</sub> | (S <sub>b</sub> ) <sub>m</sub> | (F <sub>b</sub> ) <sub>m</sub> | (G <sub>b</sub> ) <sub>m</sub> | (W <sub>b</sub> ) <sub>k</sub> |            |            |                             |                       |          |                 |
|   |                         | 885                            | 2198                           | 304                            | 4331                           | 219,5                          | 1782                           |            |            |                             |                       |          |                 |

**Примечание:** общий подход к формированию критериев (1) и (2) известен, например, в [26, 27]. Однако отличием предложенного подхода является целевое назначение комплексных критериев  $\Omega_A$  и  $\Omega_G$ , содержательная сущность используемых параметров при расчете этих критериев и главное – предложенный принцип определения базовых параметров для получения безразмерных величин, входящих в выражения (1) и (2)

Иногда возникает задача выбора ускорителя вычислительного процесса, отличающегося прежде всего принципами архитектурно-структурной организации, а иногда и элементной базой, на которой ускоритель выполнен. К таким ускорителям можно отнести:

– ускорители, ориентированные на обработку графических изображений, радарных сигналов и т.д., с архитектурно-структурной организацией, выполненной по принципам “Processor – In - Memory” (Процессор-в-памяти), или PIM-системы на базе БИС памяти [24];

– ускорители, ориентированные на цифровую обработку сигналов (ЦОС) в реальном масштабе времени, решения задач преобразования Фурье, вычисления корреляционных функций и т.д.;

– ускорители различного функционального назначения, выполненные на ПЛИС [25].

– другие типы ускорителей.

Основная проблема для выбора таких ускорителей по комплексному критерию состоит в том, что требуемый набор параметров указанных ускорителей и описания самих ускорителей, выполненных в виде законченных самостоятельных изделий, предназначенных для установки их в слоты корпусов персональных компьютеров или серверов, пока отсутствуют в официальных публикациях и технических документах. Однако, можно сравнивать параметры уже готовых систем, использующих эти ускорители, обладающих, как правило оригинальными архитектурно-структурными решениями, что является пред-



метод отдельных исследований и соответствующих публикаций.

### Выводы

В настоящее время существует несколько сот типов графических ускорителей (видеокарт), которые можно разделить на два класса: игровые и профессиональные, имеющие по сравнению с игровыми специфические особенности, поэтому применять в системах видеокарты одного класса вместо видеокарт другого – трудноразрешимая проблема и часто не приводит к ожидаемому положительному эффекту. Видеокарты выпускаются различными фирмами, среди которых ведущими на рынке являются фирмы ATI(AMD) и NVIDIA.

В статье предложена методика выбора видеокарты, отличительной особенностью которой являет-

ся использование комплексного критерия, вычисленного на основе параметров видеокарты, максимально влияющих на увеличение производительности системы, где эта видеокарта используется. При этом предложен подход к определению так называемой виртуальной видеокарты, параметры которой используются в качестве базовых для соответствующих параметров каждой видеокарты с целью получения безразмерных величин при вычислении двух типов комплексных критериев – среднеарифметического и среднегеометрического. Приведен пример выбора в соответствии с предложенной методикой наиболее производительных игровых видеокарт среди выделенных наборов отдельно для фирм – производителей ATI (AMD) и NVIDIA.

### Список литературы

1. Сравнительная таблица характеристик видеокарт (актуальные)[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technodaily.ru/?p=1403>. – Дата обращения: 25.09.13 .
2. Паровышник В. Графические ускорители 2011 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.easyc.com.ua/video/svodnoe\\_testirovanie\\_sovremennyh\\_videokart\\_s\\_podderzhkoy\\_directx\\_11/?lang=ru](http://www.easyc.com.ua/video/svodnoe_testirovanie_sovremennyh_videokart_s_podderzhkoy_directx_11/?lang=ru). – Дата обращения: 25.09.13.
3. Современные видеокарты. Две средние видеокарты вместо одной топовой [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.svideocards.ru/2013/06/29/>. – Дата обращения: 25.09.13 .
4. Нечай О. Графические ускорители NVIDIA серии GeForce 500: какой выбрать [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.computerra.ru/terralab/platform/620039>. – Дата обращения: 25.09.13.
5. Берилло А. Обзоры и сравнение новейших графических ускорителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/video3/gk106-part1.shtml>. – Дата обращения: 25.09.13.
6. GIGABYTE Radeon HD 5870 на новом GPU ATI RV870 – обзор видеокарты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.easyc.com.ua/video/gigabyte\\_gv-r587d5-1gd-b](http://www.easyc.com.ua/video/gigabyte_gv-r587d5-1gd-b). – Дата обращения: 25.09.13.
7. Лукьянов М. 3D-акселераторы: новый виток развития [Электронный ресурс] / М. Лукьянов // Computerworld Россия. – 1998. - №4. – Режим доступа: [http://compay.chat.ru/Compl/Video/video\\_bl.htm](http://compay.chat.ru/Compl/Video/video_bl.htm). – Дата обращения: 25.09.13.
8. Выбираем графический ускоритель: руководство THG [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.thg.ru/graphic/20041111/buyers\\_guide-01.html](http://www.thg.ru/graphic/20041111/buyers_guide-01.html). – Дата обращения: 25.09.13.
9. Прыкин Ю. Характеристики современных видеокарт [Электронный ресурс] / Ю. Прыкин. – Режим доступа: <http://www.comprice.ru/articles/detail.php?ID=40099>. – Дата обращения: 25.09.13.
10. Свириденко Д. Сравнение производительности видеокарт последнего поколения [Электронный ресурс] / Д. Свириденко. – Режим доступа: <http://www.ferra.ru/ru/video/review/Vybiraem-videokartu-sravnenie-igrovyyh-videokart/>. – Дата обращения: 25.09.13.
11. Основные характеристики видеокарт RADEON, GEFORCE [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://razgonu.ru/2080-videokarty\\_xarakteristiki.html](http://razgonu.ru/2080-videokarty_xarakteristiki.html). – Дата обращения: 25.09.13.
12. Таблица 1. Сводные характеристики профессиональных графических 2D ускорителей [Электронный режим]. – Режим доступа: [http://www.pcmag.ru/issues/sub\\_detail.php?ID=9072&SUB\\_PAGE=3](http://www.pcmag.ru/issues/sub_detail.php?ID=9072&SUB_PAGE=3). – Дата обращения: 25.09.13.
13. Профессиональные графические ускорители [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pcmag.ru/issues/detail.php?ID=9072>. – Дата обращения: 25.09.13.
14. Профессиональные видеоускорители среднего уровня: тестирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fcenter.ru/online.shtml?articles/hardware/videos/2418615>. – Дата обращения: 25.09.13.
15. AMD представила новые профессиональные ускорители, основанные на архитектуре GCN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?16/03/28>. – Дата обращения: 25.09.13.
16. Пахомов С. Профессиональные видеокарты: мифы и реальность [Электронный ресурс] / С. Пахомов. – Режим доступа: <http://www.compuart.ru/article.aspx?id=10196&iid=421>. – Дата обращения: 25.09.13.

17. NVIDIA представляет профессиональные графические ускорители Quadro K4000, K2000, K2000D и K600 на архитектуре Kepler [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?16/59/74>. – Дата обращения: 25.09.13.
18. AMD представила новые профессиональные ускорители, основанные на архитектуре GCN [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?16/03/28>. – Дата обращения: 25.09.13.
19. Мишенев М. Графический монстр – профессиональная видеокарта NVIDIA Quadro K6000 [Электронный ресурс] / М. Мишенев. – Режим доступа: <http://www.mobiledevice.ru/quadro-k6000-nvidia-videoCard-professionalnaia-flagman-gpu-keple.aspx>. – Дата обращения: 25.09.13.
20. Пашкевич Г. ATI FirePro V8750 - самый быстрый профессиональный ускоритель AMD [Электронный ресурс] / Г. Пашкевич. – Режим доступа: <http://www.3dnews.ru/577680>. – Дата обращения: 25.09.13.
21. Вяткин И. FirePro V9800 - новый флагман профессиональных ускорителей AMD [Электронный ресурс] / Вяткин И. – Режим доступа: [http://www.oszone.net/13213/FirePro\\_V9800](http://www.oszone.net/13213/FirePro_V9800). – Дата обращения: 25.09.2013 г.
22. AMD выпустила самый производительный графический ускоритель для профессионалов — ATI FirePro V8800 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?13/14/62>. – Дата обращения: 25.09.13.
23. Сравнительная таблица характеристик видеокарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://technodaily.ru/?p=1400>. – Дата обращения: 25.09.13.
24. Яковлев Ю.С. Однокристалльные компьютерные системы высокой производительности. Особенности архитектурно-структурной организации и внутренних процессов: монография / Ю.С. Яковлев. – Винница: ВНТУ, 2009. – 294 с.
25. Шматок Алексей. Аппаратные ускорители приложений на базе ПЛИС / Алексей Шматок // Современная электроника. - 2007. - № 6. - С. 74 – 77.
26. Покупка видеокарты: “Критерии выбора” или “На что опираться, чтобы не прогадать” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sonikelf.ru/pokupka-videokarty-kriterii-vybora-ili-na-chto-opiratsya-chtoby-ne-progadat/>. – Дата обращения: 25.09.13.
27. Пахомов С. Методика интегрального сравнения производительности игровых видеокарт [Электронный ресурс] / С. Пахомов. – Режим доступа: <http://www.compress.ru/article.aspx?id=9684&iid=407> (КомпьютерПресс 1'2005). – Дата обращения: 25.09.13.

*Надійшла до редакції 10.09.2013*

#### **Ю.С. ЯКОВЛЕВ**

Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України

#### **ПРО ВИБІР ГРАФІЧНИХ ПРИСКОРЮВАЧІВ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ**

Запропонована методика вибору графічного прискорювача (відеокарти), відмітною особливістю якої є використання комплексних критеріїв і базових параметрів, обчислених на основі параметрів відеокарт з метою отримання безрозмірних величин при визначенні двох типів комплексних критеріїв – середньоарифметичного і середньгеометричного. Приведено приклад вибору відеокарти у відповідності із запропонованою методикою серед виділених наборів відеокарт окремо для фірм-виробників ATI (AMD) і NVIDIA.

**Ключові слова:** *графічний прискорювач, відеокарта, методика вибору відеокарти, комплексні критерії вибору.*

#### **Yu. S. YAKOVLEV**

Glushkov Institute of Cybernetic of NAS of Ukraine

#### **ABOUT THE CHOICE OF GRAPHIC ACCELERATORS FOR COMPUTER SYSTEMS**

The paper offers a technique of the choice of a graphic accelerator (video card), the distinctive feature of which is the use of complex criteria and basic parameters calculated on the basis of video cards parameters to obtain dimensionless quantities, when defining two types of complex criteria (arithmetical mean and geometric mean). We provide an example of choosing a video card according to the proposed methods for ATI (AMD) and NVIDIA.

**Key words:** *graphic accelerator, video card, technique of the choice of a video card, complex criteria of the choice.*