

Предсказательный анализ ресурсных требований ПО ГИС в условиях CALS-технологий

А.Д. Филинских¹, В.П. Хранилов¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», Нижний Новгород, 603024, Россия

Аннотация

Применение модели вычислительных ресурсов и алгоритмов их мониторинга предоставляет возможность предсказательного прогноза эффективности вычислительных средств поддержки графических информационных технологий и оптимизации их экономических показателей. Данные мониторинга позволяют принимать обоснованные расчетом организационные решения, связанные с управлением вычислительными ресурсами, то есть модернизацией и перераспределением средств технического и программного обеспечения графических информационных технологий, используемых для непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий.

Ключевые слова

Графические информационные системы, программное обеспечение, параметрическая модель вычислительных ресурсов, рейтинг, оценка и прогноз вычислительных ресурсов, CALS-технологии.

Predictive Analysis of Resource Requirements of GIS Software in the Context of CALS Technologies

A.D. Filinskikh¹, V.P. Khranilov¹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, 603024, Russia

Abstract

Application of the model of computing resources and their monitoring algorithms enables the forecast of efficiency of computational tools to support the learning process and to optimize their economic parameters.

These allow the monitoring to take reasonable expectation organizational decisions related to the control of computing resources, that is, modernization and redistribution of resources of hardware and software information technologies designed to support the CALS-technology.

Keywords

Graphic information systems, software, parametric model of computing resources, rating, evaluation and prediction of computing resources, CALS-technology.

1. Введение

Современные графические информационные технологии, реализуемые в многочисленных промышленных практиках проектных работ в различных отраслях промышленности, предъявляют особые требования к оснащенности ИТ-подразделений средствами вычислительной техники и специализированным периферийным оборудованием.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: alexfil@yandex.ru (А.Д. Филинских); khranilov@nntu.ru (В.П. Хранилов)

ORCID: 0000-0003-3826-6771 (А.Д. Филинских); 0000-0003-1317-5320 (В.П. Хранилов)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Вычислительные ресурсы технического и программного обеспечений (ТО и ПО) графических информационных систем (ГИС), поддерживающие жизненный цикл производимой продукции, определяют промышленный инновационный потенциал индустриальной компании в области развития и рационального внедрения современных информационных технологий.

В настоящее время многие российские промышленные компании в связи с необходимостью интенсивного перехода к импортозамещающим, а далее и импортовытесняющим технологиям индустриального производства, сопровождаемого ещё и традиционной ограниченностью финансовых ресурсов, находятся перед проблемой выбора первоочередности объектов инвестирования во внутрихозяйственной деятельности. Опыт зарубежных и ведущих отечественных предприятий предполагает в первую очередь организацию непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий (CALS) в условиях первоочередного внедрения соответствующих обеспечений [1-4], требующей, в свою очередь, мобилизации и концентрации имеющихся вычислительных ресурсов, их рационального учёта и целесообразного использования.

Математическая постановка задач, возникающих при этом, базируется на векторной параметрической модели [5,6], отображающей системные свойства вычислительных ресурсов, предоставляемых техническим обеспечением ГИС и выражающих как структурные свойства вычислительных систем, так и характеристики элементов системы, выражаемых их техническими параметрами. Это позволяет в дальнейшем ставить и формулировать задачи не только параметрического синтеза и анализа элементов, а также структурного синтеза всей системы в целом. Отработанный математический аппарат векторной алгебры и тензорного исчисления позволяют универсальным и гибким способом описывать как параметры элементов моделируемых систем, так и при наличии ретроспективных данных по изменению параметров численными методами выявить и наглядно графически отобразить тренды вариации системных параметров, описывающих свойства отдельных элементов и интегральных параметров, в том числе обеспечить предсказательный анализ тенденций изменения и развития.

2. Параметрическая модель вычислительных ресурсов

Для моделирования процесса оценки и прогнозирования вычислительных ресурсов в пространстве параметров \mathbf{P} при наличии альтернативных вариантов предлагается использовать векторную модель $\mathbf{Y}=\mathbf{F}(\mathbf{P},\mathbf{Q})$ [5], где \mathbf{P} – вектор ресурсов системы (внутренних параметров, определяемых в общем случае техническими характеристиками компьютеров и периферийных устройств); \mathbf{Q} – вектор параметров внешних воздействий; \mathbf{Y} – вектор выходных параметров (определяющий интегральные характеристики); \mathbf{F} – теоретико-множественный функционал, выражающий соответствие $\mathbf{s}=(\mathbf{P},\mathbf{Y},\mathbf{F})$ с учетом воздействия внешних факторов \mathbf{Q} . Дальнейшее решение задачи оценки вариантов системы связано с определением степени влияния отдельного показателя p_j на качество (эффективность) системы. Это предполагает задание коэффициентов важности ("веса") показателей λ_j , образующих вектор весомости $\mathbf{\Lambda}=\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$. Значения весовых коэффициентов определяются, исходя из функционального назначения и особенностей эксплуатации компьютеров, методом экспертных оценок. В этом случае вектор весомости $\mathbf{\Lambda}$ эквивалентен вектору внешних воздействий \mathbf{Q} . Такой подход позволяет в процедуре оценивания отдавать некоторое предпочтение более важным показателям, что приводит к оценке решения с помощью взвешенной целевой функции $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$. Функцию $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$ можно представить как скалярное произведение векторов $\mathbf{P}=\{p_{i,j}\}$ и $\mathbf{\Lambda}=\{\lambda_j\}, j=1, n$:
$$F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_j p_{i,j}$$
 [6]. Кроме того, сопоставимость влияния каждого показателя на величину целевой функции будет обеспечена в том случае, когда известна тенденция влияния изменения отдельных параметров на значение $F(\mathbf{P},\mathbf{\Lambda})$ и диапазоны возможных изменений каждого из безразмерных значений показателей окажутся соизмеримыми в числовом выражении. При этом наиболее удобен диапазон $0 \leq \bar{p}_j \leq 1$, где \bar{p}_j – нормированное значение p_j . Операции нормирования и масштабирования могут быть осуществлены одним и тем же преобразованием

$\gamma(p_j)$ – нормирующей функцией, вид которой будет определяться особенностями решаемой задачи оценки или выбора.

Идентифицируем описанную модель для задачи оценки и предсказательного прогноза вычислительных ресурсов технического обеспечения информационных технологий в ГИС: p_1 – тактовая частота процессора; p_2 – объем ROM; p_3 – объем RAM; p_4 – объем VideoRAM; p_5 – ширина дисплея SizeDisp; p_6 – высота дисплея HighDisp. Тенденции влияния изменений всех параметров элементов на величину целевой функции – прямая. Математическое описание i -го варианта: $y_i(p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6)$ [4-6].

Заданная таким образом математическая модель вычислительных ресурсов позволяет вычислять рейтинговую оценку вычислительных ресурсов устройств технического обеспечения ГИС, выделить составляющие трендов предсказательного прогноза как самих вычислительных ресурсов, так и ресурсных требований используемых ТО и ПО, формализовать определение потребности в изменении вычислительных ресурсов ГИС с целью их модернизации и перераспределения в условиях применения CALS-технологий.

3. Расчёт рейтингов вычислительных ресурсов и ресурсных требований

Векторная модель вида: $Y=F(P, \Lambda)$ предполагает её использование для оценки вычислительных ресурсов ТО ГИС, а также, по причине полной идентичности и «зеркальности» к используемым параметрам позволяет их применение для выражения ресурсных требований проблемно-ориентированного ПО. Действительно, одной из основных характеристик любого продукта ПО будет требование соответствия параметров используемого ПО, обеспечивающих надёжное и оперативно целесообразное по временным характеристикам функционирование управляемым ими элементами ТО. Получаемые для каждого оцениваемого варианта значения

скалярной целевой функции $F(P, \Lambda)$, выраженные как $R_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{p}_{i,j}$, дают значение его

интегральной оценки по приведенным (нормированным) значениям и позволяют провести сравнение различных конфигураций вычислительных средств (компьютеров и периферийных устройств ТО ГИС) по введенным параметрам.

Величина R_i определяет рейтинг варианта и используется для оценки и сравнения вычислительных ресурсов и эффективности формируемой или оцениваемой вычислительной системы.

Любой программный продукт характеризуется совокупностью системных требований, определяющих минимальные значения соответствующих параметров компьютеров, при которых обеспечивается устойчивая работа установленной программы. Соответствующее значение рейтинга принимается, как ресурсное требование ПО.

Определение рейтинга при помощи нормированных значений параметров комплектующих элементов позволяет перейти к процедуре «мягкого» сравнения альтернатив без учета различающихся диапазонов изменения значений и размерности их величин. Исходя из «зеркальной» идентичности значений рейтингов вычислительных ресурсов устройств ТО (в первую очередь компьютеров) и ресурсных требований проблемно-ориентированного ПО, прямое сравнение рейтинга компьютера и рейтинга ресурсных требований конкретного программного продукта, построенные по приведённым правилам, позволяют получить наглядное представление о соответствии имеющегося вычислительного ресурса предъявленным ресурсным требованиям, а также, при необходимости, провести анализ тенденции развития тренда рейтинга в ретроспективе и создать предсказательный прогноз развития рейтинга на перспективу [3,4]. В качестве примера на рисунках 1 – 5 приводятся диаграммы изменения рейтинговых требований в ретроспективе, охватывающей 2012 – 2023 г.г. для наиболее популярных для использования в различных ГИС программных продуктов AutoCAD, Компас 3D, Blender, 3D Studio Max, Autodesk Maya.

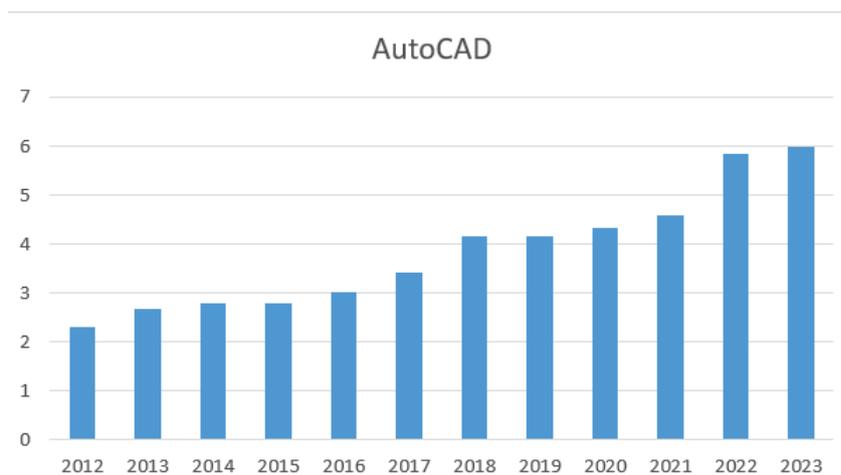


Рисунок 1 – Диаграмма изменения рейтинга ресурсных требований для AutoCAD

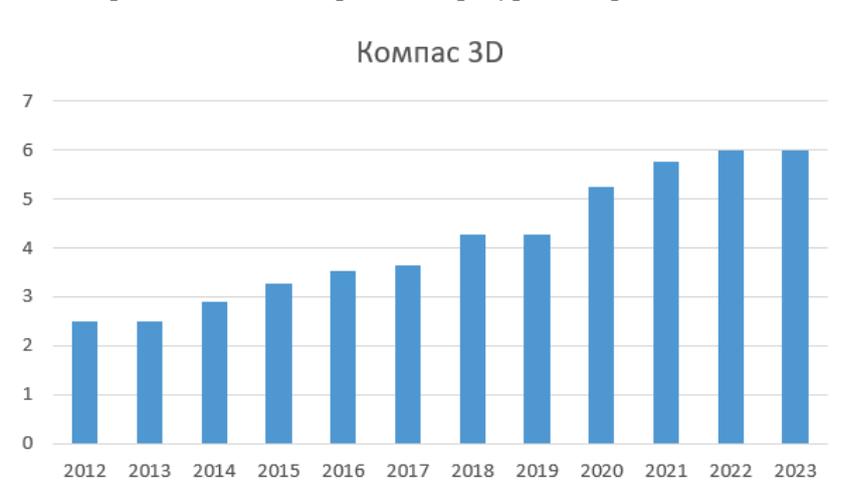


Рисунок 2 – Диаграмма изменения рейтинга ресурсных требований для Компас 3D

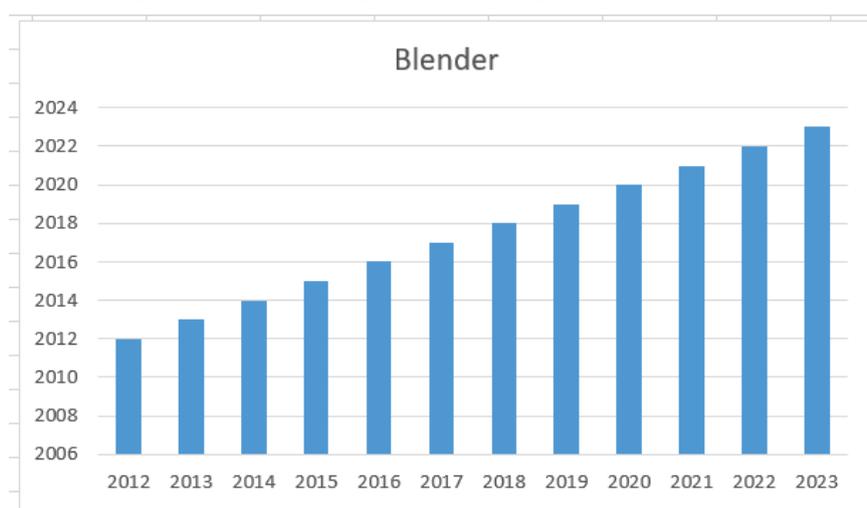


Рисунок 3 – Диаграмма изменения рейтинга ресурсных требований для Blender

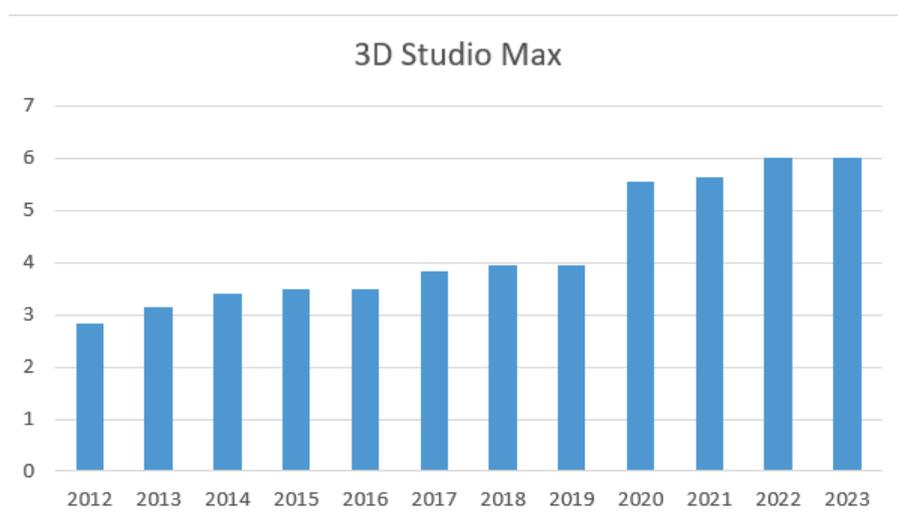


Рисунок 4 – Диаграмма изменения рейтинга ресурсных требований для 3D Studio Max

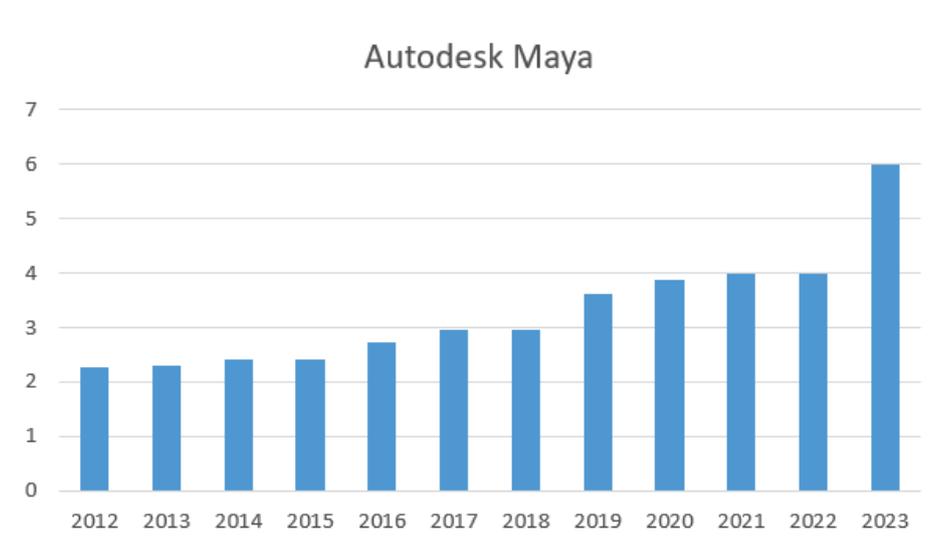


Рисунок 5 – Диаграмма изменения рейтинга ресурсных требований для Autodesk Maya

При использовании экстремальных критериев оценки рейтингов вариантов лучшему (худшему) из них будет соответствовать приведенное значение $R_i = \max(\min) \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{p}_{i,j}$ [5,6]. Такая форма записи выражения для определения рейтинга соответствует аддитивному критерию.

Определенные таким образом рейтинги отдельных элементов, а также компьютеров ГИС позволяют оценить их вычислительные ресурсы, а при суммировании получить интегральную оценку (рейтинг) для всей совокупности ТО ГИС. Аналогичные рассуждения по отношению к ресурсным требованиям ПО позволяют провести ретроспективный анализ тенденции их изменения, а также построить интерполяционную площадку для экстраполяции ресурсных требований с целью предсказательного моделирования тенденций и тренда развития.

4. Предсказательный анализ ресурсных требований ПО для ГИС

В условиях необходимости массированного внедрения импортозамещающих, а далее и импортовытесняющих технологий, развития ресурсосберегающих технологических процессов производства, сопровождаемого ещё ограниченностью финансовых ресурсов, задачей особой

важности является обеспечение максимальной длительности функционирования оборудования. С целью грамотного планирования финансовой производственной и проектной деятельности, обеспечивающих важнейшую составляющую жизненного цикла изделий, необходимо иметь формализованное выражение для изменений уровня требований опорных программных продуктов в будущем. Реализация такого инновационного подхода к сопровождению жизненного цикла производится на основе ретроспективных данных – системных требований версий предыдущих лет. Эти данные используются для построения аппроксимирующей функции, которая, будучи построенной по определенному количеству аргументов, позволит экстраполировать поведение рейтингов программных продуктов в будущем [3,4]. Результаты моделирования таких аппроксимирующих зависимостей приведены на рисунке 6.

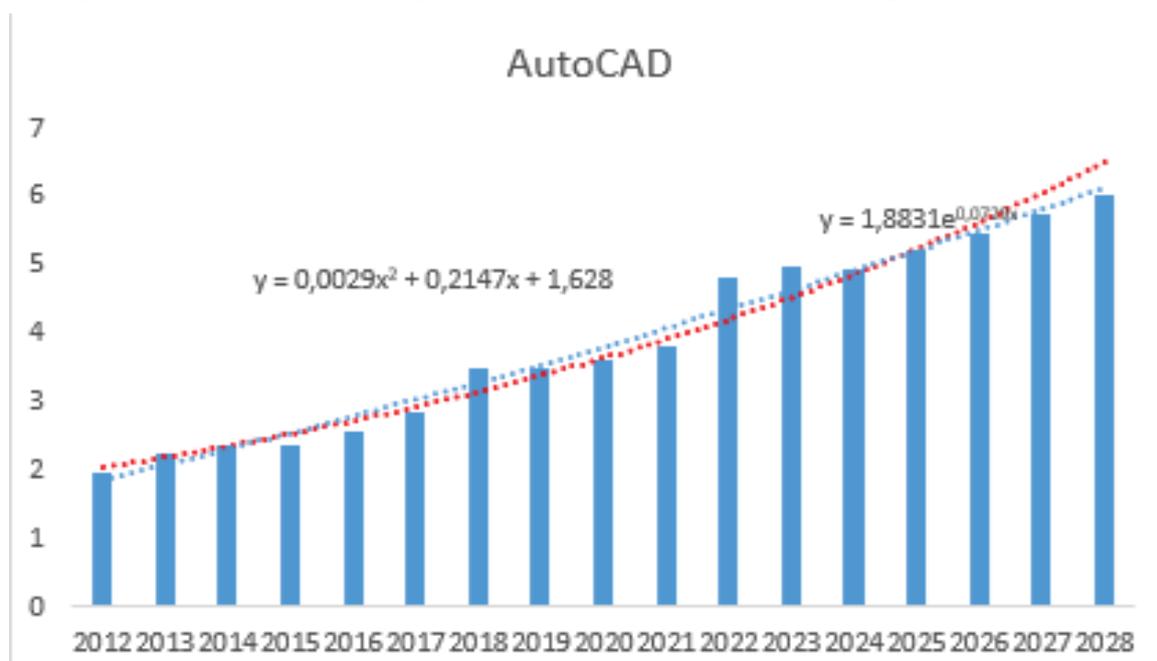


Рисунок 6 – Интерполяция и экстраполяция ресурсных требований для AutoCAD

Приведённый график наглядно иллюстрирует подбор функции прогнозирования (тренда) для интерполяции и дальнейшей экстраполяции ресурсных требований программного продукта AutoCAD.

Полученные в результате моделирования прогнозирующие интерполирующие-экстраполирующие функции приводятся в таблице 1. Приводимые результаты моделирования позволяют однозначно установить тренды развития наиболее популярных продуктов ПО ГИС. В ходе исследований выявилась закономерность применения известного закона Мура [7], описывающего тенденцию роста вычислительных ресурсов любых компьютеров, составляющих основу ТО современных ГИС. Эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца, подтверждается закономерностями изменения всех ключевых параметров современных компьютеров. Такой тренд развития соответствует экспоненциальной функции. Проведённый ретроспективный анализ изменения значений тактовой частоты процессоров, объема блоков оперативной памяти и других параметров показывают соблюдение экспоненциальной зависимости для всех процессоров и прочих устройств компьютера, содержащих ячейки памяти и микропроцессоры. Вместе с тем, применение «зеркальной» ресурсной модели к формулировке требований со стороны ПО показало отклонение от экспоненциальной интерполирующей зависимости в пользу полиномиальной. Попытка применения экспоненциальной модели и последующее сравнение с полученной функцией, интерполирующей реально существующие ресурсные требования со стороны ПО, показали расхождения значений, объясняемое, по видимому, дезактивацией закона Мура, начиная с 2015-2017 г.г. Полученные результаты визуализируются на рисунке 6 и в таблице 1 и подтверждаются дискуссиями, связанными

с правомочностью применения закона Мура, развернутыми с начала 2000-х годов в научной прессе и на специализированных сайтах сети Интернет.

Таблица 1 –Тренды развития ресурсных требований ПО ГИС

Программный продукт	Интерполирующая функция	Год деактивации закона Мура
AutoCAD	$y = 0,0029x^2 + 0,2147x + 1,628$	2015
Компас 3D	$y = 0,0013x^2 + 0,2393x + 1,5955$	2017
Blender	$y = 0,0061x^2 + 0,1518x + 1,6057$	2015
3D Studio Max	$y = 0,0006x^2 + 0,013x + 1,6359$	2016
Autodesk Maya	$y = 0,0052x^2 + 0,1621x + 1,6451$	2015

5. Выводы

Ретроспективный анализ тенденций, определяемых интерполяцией и экстраполяцией значений рейтингов, проведённый после расчета ресурсных требований по принятой модели вычислительных ресурсов и сопоставления их результатов для программных продуктов ПО ГИС, имеющих распространение, показал растущий тренд развития вычислительных ресурсов ТО и, соответственно, ресурсных требований ПО. Однако, сопоставление результатов с предполагаемым соблюдением закона Мура, действующим и аксиоматически активированным для всех вычислительных устройств, показало потерю закономерностей, предписываемых этим законом, то есть фактически дезактивацию закона Мура, начиная с 2015-2017 г.г.

Такие обстоятельства в случае применения рейтинговых оценок для отображения ресурсных требований можно обусловить рядом причин:

- разработчики ПО ГИС различных компаний начинают добавлять в палитру своих ПО не только инструменты по созданию моделей, но еще и инструменты по созданию динамики этих объектов, которые в свою очередь требуют высокую ресурсоемкость для своей реализации и хранения;
- при разработках нового продукта разработчики ПО ГИС применяют «утяжелённые», но, вместе с тем, удобные в последующих разработках библиотеки шаблонов как отдельных проектируемых объектов, так и целых объемных крупных комплексов и систем;
- введение более совершенных конкурентноспособных системных сред (например Windows10), оснащённых дополнительными средствами, допускающих разработку пользователями ресурсоемкого и ресурсозатратного ПО, а также модернизации продуктов, разработанных ранее.

Выборочный анализ соблюдения закона Мура по отдельным ключевым параметрам компьютера: тактовая частота процессора, объемы ROM и RAM, объём VideoRAM, ширина дисплея, высота дисплея показал, что наименьший период удержания его активации для отдельных частных параметров, показали Blender, AutoCAD и Maya (закон Мура деактивируется в 2014 г.). Максимальный период удержания показал параметр объема VideoRAM у программного обеспечения Maya (активирован до 2019 года), что очевидно обусловлено высокой квалификацией разработчиков и специально принимаемыми мерами по оптимизации программного кода. Показатель с наименьшим периодом активации закона Мура у тактовой частоты процессора для AutoCAD (активирован до 2012 года);

6. Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность заместителю председателя оргкомитета ГрафиКон 2023 Берберовой Марии Александровне за поддержку тематики и публикуемого материала, а также рецензенту профессору НГТУ им. Р.Е. Алексеева Моругину Станиславу Львовичу, магистру Мясникову Роману Алексеевичу, оказавшим помощь в подготовке работы.

7. СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 430 с.
- [2] Гунин Л.Н., Хранилов В.П. Модель внедрения ИПИ-технологий на предприятиях радиоприборостроения в условиях организационных изменений и ограниченных ресурсов. Нижний Новгород: НГТУ, 2006. 153 с.
- [3] Лабаев А.М., Охотников И.Д., Хранилов В.П. Мониторинг и управление вычислительными ресурсами учебного оборудования ИВЦ НГТУ в условиях внедрения CALS-технологий // Труды НГТУ им. Р.Е. Алесеева. 2016. № 4(115). С. 21–30.
- [4] Лабаев А.М., Охотников И.Д., Хранилов В.П. Распределение и прогноз вычислительных ресурсов оборудования для решения учебных задач инженерной геометрии и компьютерной графики [Электронный ресурс] // GraphiCon 2016 (Нижний Новгород, 19-23 сентября 2016 г.): сб. трудов всеросс. конференции / ННГАСУ. Нижний Новгород: ННГАСУ.2016. С.556-556. URL: https://www.graphicon.ru/html/2016/papers/Pages_553-556.pdf. (дата обращения 12.09.2023).
- [5] Методы проектирования информационно-управляющих и телекоммуникационных систем: монография / Баранов В.Г, [и др.]. М.: «Радиотехника», 2016. 216 с.
- [6] Хранилов В.П. Идентификация внутренних операторов моделей управления для задач проектирования технических систем // XII всероссийское совещание по проблемам управления. ВСПУ-2014: сб. трудов всеросс. конференции / Ин-т. проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН. М.: ИПУ РАН, 2014. С. 3281–3288.
- [7] Moore, Gordon E. No Exponential is Forever: But “Forever” Can Be Delayed! // International Solid-State Circuits Conference (ISSCC) 2003 / SESSION 1 / PLENARY / 1.1. 2003. URL: <https://cseweb.ucsd.edu/classes/wi10/cse241a/slides/Moore.pdf> (дата обращения 12.09.2023).