

# Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков

## Часть VIII. Планы и прогнозы

Сергей Павлов, Dr. Phys.

Предлагаем вниманию читателей 8-ю, заключительную, часть обзора систем высокопроизводительных вычислений (ВПВ) или *High-Performance Computing (HPC)*, в которой обсуждаются планы компаний и прогнозы, касающиеся развития информационных и коммуникационных технологий.

Напомним, что комплексный обзор мы готовим уже в седьмой раз. Что же касается периода 2018–2019 гг., то уже опубликованы первая [1], вторая [2], третья [3], четвертая [4], пятая [5], шестая [6] и седьмая [7] части. Все материалы свободно доступны на сайте нашего журнала: [www.cad-cam-cae.ru](http://www.cad-cam-cae.ru).

В восьмой части представлена актуализированная информация, собранная за прошедший 2019 год, которая распределена по следующим разделам:

1. Финансовые ресурсы и интеллектуальные заделы для развития
  - 1.1 Величина R&D-бюджета
  - 1.2 Количество зарегистрированных патентов
2. Прогнозы
  - 2.1 IDC: ключевые тенденции 2020 года
  - 2.2 Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2019 году

При подготовке обзора мы опираемся на следующие регулярно публикуемые данные:

- ежегодное исследование “*EU Industrial R&D Investment Scoreboard*”, подготавливаемое по заказу Европейской Комиссии в рамках проекта “*Economics of Industrial Research and Innovation*” ([iri.jrc.ec.europa.eu](http://iri.jrc.ec.europa.eu));
- ежегодный рейтинг “*Top 50 US Patent Assignees*”, подготавливаемый компанией *IFI CLAIMS*

R&D expenses for 2015–2018 of Top10 companies-leaders in 2018 according to annual research “EU Industrial R&D Scoreboard”

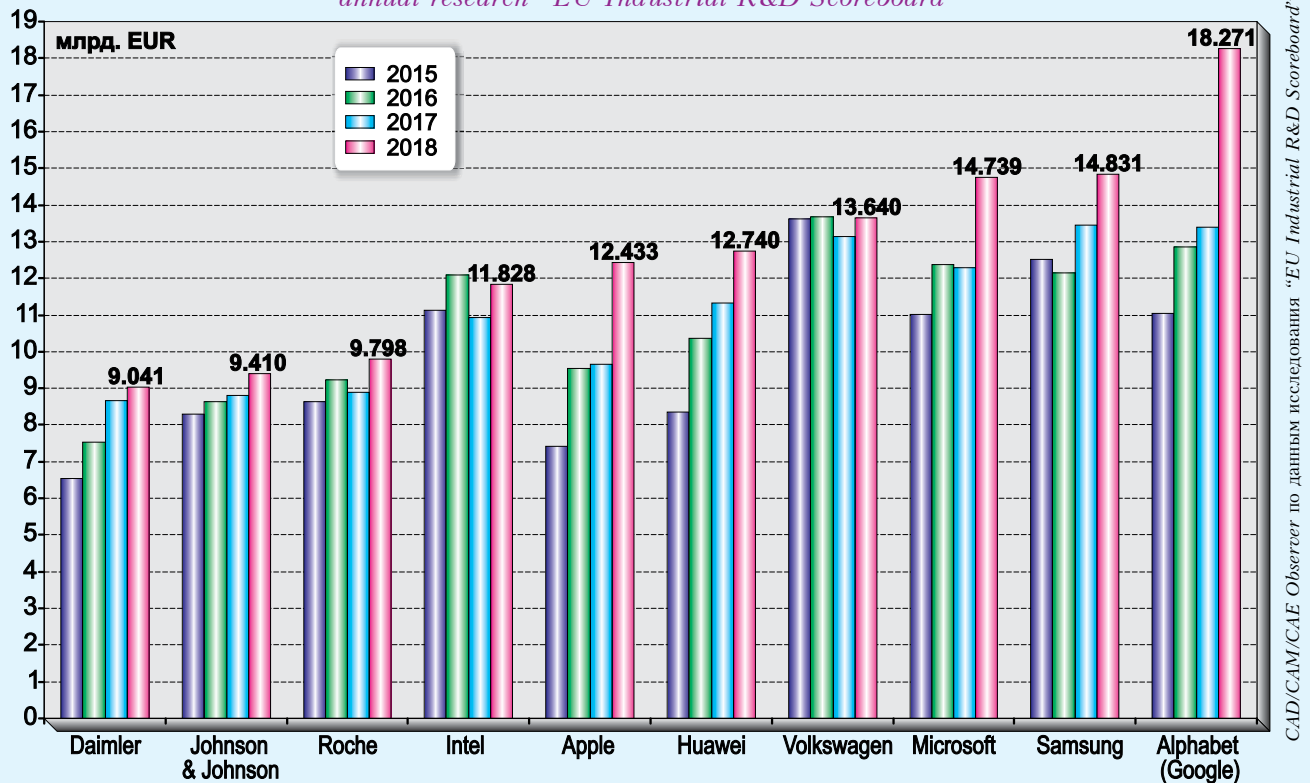


Рис. 1. Расходы на НИОКР в 2015–2018 гг. у первой десятки компаний, лидировавших по этому показателю в 2018 г. (по данным EU Industrial R&D Scoreboard)

*Patent Services* ([www.ificlaims.com](http://www.ificlaims.com)) со штаб-квартирой в гор. Нью-Хейвен (шт. Коннектикут, США).

Кроме того, мы будем пользоваться ежегодными прогнозами двух аналитических компаний:

- **Gartner** ([www.gartner.com](http://www.gartner.com)) со штаб-квартирой в гор. Стамфорд (шт. Коннектикут);

- **International Data Corporation** или **IDC** ([www.idc.com](http://www.idc.com)); её штаб-квартира расположена в гор. Фремингем, шт. Массачусетс.

## 1. Финансовые ресурсы и интеллектуальные заделы для развития

Как и обычно, начнем с краткого обзора обобщенных данных о находящихся в распоряжении высокотехнологичных компаний финансовых ресурсах и об их интеллектуальных заделах, которые могут быть использованы для дальнейшего развития.

Убедительными доказательствами конкурентных преимуществ в инновационной деятельности служат:

1) бюджет, выделяемый на исследования и разработки (*Research and Development, R&D*), что является необходимым условием создания новых продуктов (рис. 1, табл. 1);

2) зарегистрированные патенты, отражающие результативность проводимых исследований и разработок (рис. 2, табл. 2).

Список рассматриваемых компаний – ведущих поставщиков устройств, облачной инфраструктуры (в т.ч. для квантовых вычислений), процессоров и операционных систем – был приведен в одном из наших предыдущих обзоров [8, табл. 3]. Ведущие поставщики систем *PLM*, *CAE* и *EDA* также рассматриваются в рамках текущего обзора [4]. В табл. 1, 2 включены и другие компании, не занимающие лидирующие позиции в рейтингах игроков различных рынков, с тем, чтобы можно было наблюдать за динамикой *R&D*-инвестиций, что в перспективе может привести к изменению их позиций в рейтингах.

### 1.1. Величина *R&D*-бюджета

Напомним, что показатели инвестиций в *R&D* публикуются с годичной задержкой, так что приведенные ниже цифры и достижения соответствуют 2018 году.

В 2018 году на первое место по размеру инвестиций в создание новых продуктов вышла компания **Alphabet/Google**. Кроме нее в первую десятку вошли следующие высокотехнологичные компании: *Samsung* (2-е место), *Microsoft* (3-е место), *Huawei* (5-е место), *Apple* (6-е место) и *Intel* (7-е место).

В сравнении с 2017-м, в рассматриваемом 2018 году поменялись позиции двух лидирующих компаний: *Alphabet/Google* со 2-го места поднялась на 1-е, вытеснив на 2-е место *Samsung*. Остальные

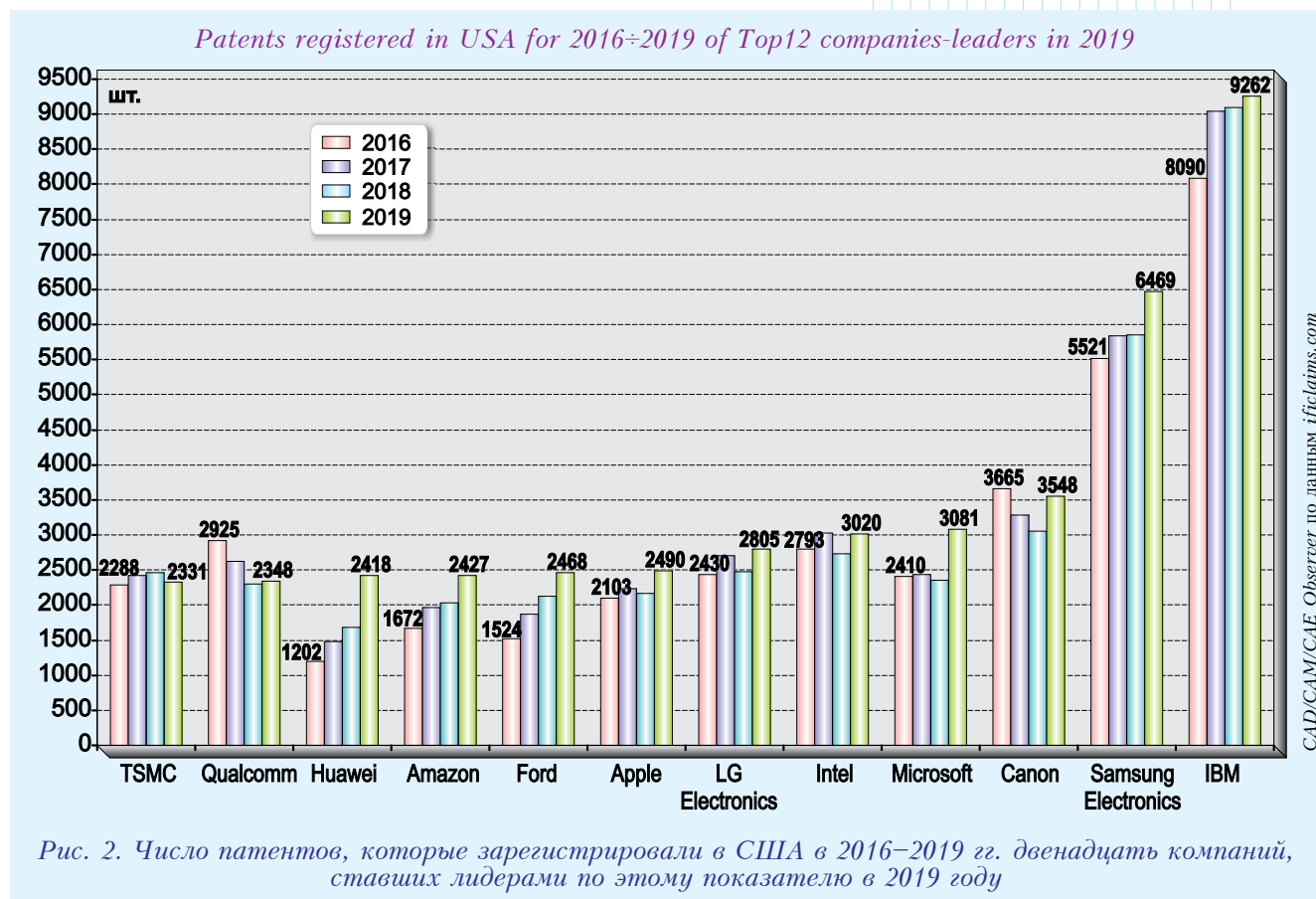


Рис. 2. Число патентов, которые зарегистрировали в США в 2016–2019 гг. двенадцать компаний, ставших лидерами по этому показателю в 2019 году

перемещения выглядят так: *Microsoft* – с 4-го места на 3-е; *Apple* – с 7-го места на 6-е; *Intel* – с 6-го места на 7-е.

Напомним также, какие перестановки произошли в 2017 году в сравнении с 2016-м: *Microsoft* – с 3-го места на 4-е, *Huawei* – с 6-го места на 5-е, *Intel* – с 5-го места на 6-е.

Еще раньше, в 2016-м, в сравнении с раскладом на 2015 год наблюдались следующие перемещения: *Alphabet* – с 4-го места на 2-е, *Microsoft* – с 5-го места на 3-е, *Huawei* – с 8-го места на 6-е. При этом компания *Samsung* тогда съехала со 2-го места на 4-е, а *Intel* конкуренты сдвинули с 3-го места на 5-е.

**Табл. 1. Расходы на НИОКР в 2016–2018 гг. и места, занимаемые лидерами рассматриваемых рынков (по данным *EU Industrial R&D Scoreboard*)**

Компания	2016 г.		2017 г.		2018 г.	
	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR	Место	R&D млрд. EUR
<i>Alphabet (Google)</i>	2	12.864	2	13.388	1	18.271
<i>Samsung</i>	4	12.155	1	13.437	2	14.831
<i>Microsoft</i>	3	12.368	4	12.279	3	14.739
<i>Huawei</i>	6	10.363	5	11.334	5	12.740
<i>Apple</i>	7	9.529	7	9.656	6	12.433
<i>Intel</i>	5	12.086	6	10.921	7	11.828
<i>Siemens</i>	25	5.056	20	5.538	21	5.909
<i>Cisco</i>	18	5.748	25	5.052	23	5.530
<i>Oracle</i>	17	5.843	24	5.079	25	5.263
<i>Qualcomm</i>	28	4.887	28	4.557	27	4.881
<i>Dell Technologies</i>	51	2.692	35	3.963	31	4.317
<i>IBM</i>	26	4.939	32	4.263	33	4.150
<i>Nokia</i>	27	4.904	27	4.904	36	4.044
<i>Sony</i>	41	3.634	39	3.386	39	3.792
<i>Broadcom</i>	55	2.537	52	2.745	49	3.291
<i>LG</i>	50	2.725	53	2.637	57	2.646
<i>TSMC</i>	63	2.092	60	2.255	60	2.441
<i>NVIDIA</i>	104	1.388	94	1.498	67	2.075
<i>Salesforce</i>	125	1.153	107	1.302	90	1.647
<i>MediaTek</i>	84	1.636	83	1.597	92	1.635
<i>NXP Semiconductors</i>	98	1.441	109	1.296	99	1.485
<i>ZTE</i>	70	1.861	76	1.798	103	1.460
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	62	2.180	113	1.239	104	1.452
<i>Texas Instruments</i>	114	1.300	111	1.257	108	1.362
<i>Adobe</i>	156	0.926	136	1.021	109	1.343
<i>STMicroelectronics</i>	119	1.229	129	1.066	129	1.183
<i>Fujitsu</i>	101	1.413	117	1.172	143	1.063
<i>Lenovo</i>	121	1.190	143	0.973	154	1.016
<i>Hewlett-Packard</i>	126	1.147	140	0.992	–	–
<i>AMD</i>	151	0.956	146	0.967	117	1.252
<i>Synopsys</i>	170	0.817	180	0.760	166	0.950
<i>Cadence Design Systems</i>	195	0.701	202	0.672	197	0.776
<i>Autodesk</i>	187	0.727	213	0.630	232	0.633
<i>Dassault Systemes</i>	240	0.541	230	0.577	233	0.631
<i>ASUS</i>	312	0.391	286	0.417	411	0.314
<i>Amazon</i>	259	0.485	343	0.329	–	–
<i>PTC</i>	506	0.218	554	0.197	538	0.218
<i>ANSYS</i>	603	0.174	621	0.169	572	0.204
<i>HTC</i>	363	0.322	423	0.322	582	0.201
<i>BlackBerry (Research in motion)</i>	405	0.287	559	0.195	612	0.190
<i>Cray</i>	894	0.106	1086	0.082	1039	0.101
<i>Altair Engineering</i>	–	–	1164	0.078	1197	0.085
<i>Acer</i>	1351	0.060	1223	0.070	1345	0.073

### ✓ Самые дорогостоящие компании на конец 2019 года и объемы их R&D-инвестиций в 2018 году

По всей видимости, прямая взаимосвязь рыночной оценки стоимости компании и размеров инвестиций в создание новейших изделий, отсутствует. Тем любопытнее сопоставить позицию в рейтинге высокотехнологичных компаний, лидирующих по показателю рыночной капитализации [7], и место, занимаемое соответствующей компанией в рейтинге R&D-инвестиций:

- *Apple*: стоимость компании на конец 2019 года составила 1.305 трлн. долларов (1-е место), а размер R&D-инвестиций в 2018 году – 12.433 млрд. евро (6-е место);

- *Microsoft*: 1.203 трлн. долларов (2-е место) – 14.739 млрд. евро (3-е место);

- *Alphabet*: 922.130 млрд. долларов (3-е место) – 18.271 млрд. евро (1-е место);

- *Amazon*: 916.150 млрд. долларов (4-е место) – данные об инвестициях отсутствуют.

Напомним расклад из предыдущего обзора [9]:

- *Microsoft*: стоимость компании на конец 2018 года составила 779.805 млрд. долларов (1-е место), а размер R&D-инвестиций в 2017 году – 12.279 млрд. евро (4-е место);

- *Apple*: 749.061 млрд. долларов (2-е место) – 9.656 млрд. евро (7-е место);

- *Amazon*: 734.417 млрд. долларов (3-е место) – 0.329 млрд. евро (343-е место);

- *Alphabet*: 723.098 млрд. долларов (4-е место) – 13.388 млрд. евро (2-е место).

Напомним, что компания *Apple* лидирует по величине рыночной капитализации и является обладателем самого дорогого бренда [7].

### ✓ Объемы R&D-инвестиций у лидеров рынка подключаемых к интернету “умных” устройств

Южно-корейский гигант *Samsung*, сохранивший в 2019 году лидерство на рынке подключаемых к интернету “умных” устройств, в 2018 году вложил в исследования и разработки 14.831 млрд. евро (2-е место). Это на 19.3% больше, чем у ближайшего конкурента, американской компании *Apple*, инвестиции которой составили 12.433 млрд. евро (6-е место). Китайская компания *Huawei*, наступающая на пятки *Apple*, вложила в разработки немного больше – 12.740 млрд. долларов (5-е место).

Годом ранее ситуация была следующей. *Samsung*, лидер рынка в 2018 году, вложил в 2017 году в R&D 13.437 млрд. евро (1-е место). Эта сумма была на 39.1% больше, чем инвестиции компании *Apple* – 9.656 млрд. евро (7-е место). Компания *Huawei* тогда вложила в разработки на 17.4% больше, чем *Apple* – 11.334 млрд. долларов (5-е место).

Напомним также, что в 2016 году *Apple* с показателем 9.529 млрд. евро впервые вошла в первую десятку компаний по размерам R&D-инвестиций,

поднявшись вверх сразу на четыре ступени: в 2015 году она занимала 11-е место с показателем 7.410 млрд. евро.

### 1.2. Количество зарегистрированных патентов

Накопленные пулы патентов служат инструментами в конкурентной борьбе в различных регионах по всему миру, а при оформлении сделок по приобретению компаний патенты являются едва ли не определяющими активами.

Компания *IBM* уже 27 лет бесспорно возглавляет *Top50* по числу ежегодно регистрируемых патентов. В 2019 году она установила **новый абсолютный рекорд – 9262 патента**. Это на 162 единицы превышает предыдущий абсолютный рекорд, установленный ею же в 2018-м (9100 патентов, что на 57 больше, чем в 2017-м – 9043 патента). Показатель 2017 года, в свою очередь, был на 953 единицы больше, чем в 2016-м (8090 патентов), когда рекорд на 735 единиц превысил прежний – 7355 патентов в 2015 году.

Отметим, что в 2015 году – и это был единственный раз за всё время наших наблюдений – этот показатель уступил на 179 единиц продержавшемуся два года предыдущему абсолютному рекорду *IBM*, установленному в 2014 году (7534 патента). До этого тенденция была сугубо на повышение: рекордный показатель 2014 года был на 725 единиц больше, чем достижение 2013-го (6809 патентов), которое, в свою очередь, на 331 единицу превышало рекордный результат 2012 года (6478 патентов).

Если рассматривать число зарегистрированных патентов в качестве мерила результативности инновационной деятельности, то не лишним будет оценить и эффективность вложений в R&D. И здесь мы видим, что первенство *IBM* достигается при относительно небольших (4.150 млрд. долларов) инвестициях, в сравнении с перечисленными выше лидерами по объему вложений в исследования и разработки.

Второе место по патентованию занимает компания *Samsung*, зарегистрировавшая в 2019 году **6469 патентов** – это примерно на 43% меньше, чем у лидера. Результаты 2018, 2017, 2016, 2015 и 2014 годов у *Samsung* выглядят так: 5850, 5837, 5518, 5072 и 4952 патента соответственно.

Отметим также позиции двух ведущих производителей микросхем.

Компания *Intel* в 2019 году зарегистрировала 3020 патентов (5-е место), что на +10.4% больше, чем в 2018 году, когда было получено 2735 патентов (4-е место).

У компании *TSMC* число зарегистрированных в 2019 году патентов составило 2331 (12-е место), что на -5.5% меньше, чем 2018-м (6-е место).

Напомним, что *TSMC* опережает *Intel* в конкурентной борьбе по освоению передовых технологических норм (7 nm, 5 nm и 3 nm). И происходит это невзирая на пятикратное превосходство *Intel* по размеру инвестиций в исследования и

разработки – 12.433 и 2.441 млрд. долларов соответственно в 2018 году.

Обратим также внимание читателей на амбициозную цель, которую поставила перед собой компания *Samsung*, которая вознамерилась в ближайшее время выйти в лидеры среди производителей полупроводниковых изделий – в это планируется инвестировать порядка 100 млрд. долларов.

Компания *Apple*, которая является крупнейшим бесфабричным чипмейкером, в 2019 году поднялась на 7-е место, получив 2490 патентов. Ранее, на протяжении четырех лет подряд (2014–2017 гг.) она стабильно занимала 11-е место, которое ей обеспечили зарегистрированные 2003, 1938, 2102 и 2229 патентов соответственно, а по результатам 2018 года стала 9-й (2160 патентов).

Кроме того, обратим внимание читателей на гигантский скачок рейтинга ведущего поставщика облачных услуг: компания *Amazon*, впервые попавшая в этот *Top50* в 2014 году, поднялась с 50-го места (745 патентов) на 9-е (2427 патентов в 2019 году).

## 2. Прогнозы

### 2.1 IDC: ключевые тенденции 2020 года

По традиции, десятку ключевых технологических тенденций мировой ИТ-индустрии, которые будут преобладать в 2020 году, представил **Frank Gens**, старший вице-президент и главный аналитик компании *IDC* (презентация *IDC FutureScape* состоялась 29 октября 2019 года). Желая освежить в памяти предыдущие топы-10, подготовленные *IDC*, отсылаем к нашим публикациям [9–14].

Для наглядности тенденции были представлены в виде диаграммы (рис. 3). Вертикальная ось отражает затраты и сложность освоения каждой из технологий (*Cost/Complexity To Address*). По горизонтальной оси откладывается прогнозируемое время освоения той или иной технологии (*Prediction Timing*). Номер каждого кружка на диаграмме (*Bubble Diagram*) является исключительно порядковым номером и не ранжирует важность той или иной технологии для цифровизации экономики.

Сделаем беглый обзор новейшего топ-10 компании *IDC*. Отличия от прошлогоднего списка [9], как и обычно, предлагаем читателям выявлять своими силами.

#### 1 Ускорение инноваций

К 2024 году более половины всех расходов на приобретение информационных технологий будут направлены на цифровую трансформацию предприятий (*Digital Transformation*) и инновации. Для этого сегмента ожидается среднегодовой рост в размере +17%, тогда как в остальных сегментах

ИТ – только +2%. В 2018 году доля расходов на цифровую трансформацию составляла 31%.

#### 2 Связанные облака (*Connected Clouds*)

К 2022 году на 70% предприятий будут внедряться унифицированные облачные технологии, инструменты и процессы для обеспечения функционирования:

- гибридных облаков, представляющих собой различные сочетания публичных и частных облачных сред;
- мультиоблаков (*Multicloud*), которые сочетают облачные среды различных поставщиков.

#### 3 Развитие инфраструктуры периферийных вычислений

К 2023 году более половины вновь создаваемой ИТ-инфраструктуры предприятий будет сосредоточено не в центрах обработки данных (ЦОД), а развернуто на базе периферийных устройств. В 2019 году этот показатель составлял менее 10%. Ожидается, что к 2024 году количество приложений для периферийных вычислений (*Edge Computing*) увеличится на +800%.

#### 4 Фабрики цифровых инноваций

К 2025 году примерно две трети предприятий станут плодовитыми разработчиками программного обеспечения, внедряющими новый софт ежедневно. Более 90% новых приложений будут



Рис. 3. Ключевые технологические тенденции мировой ИТ-индустрии в 2020 году – прогноз от IDC, октябрь 2019 г.

изначально облачными. Происхождение 80% кода будет внешним. Число разработчиков возрастет в 1.6 раза.

#### 5 Бурный рост промышленных приложений

К 2023 году на основе облачных технологий будут разработаны и внедрены более 500 млн. цифровых приложений (*apps*) и сервисов. Большая часть из них будет ориентирована на цифровую трансформацию предприятий с учетом отраслевой специфики.

#### 6 Неотвратимость использования возможностей ИИ

К 2025 году по меньшей мере в 90% новых корпоративных приложений будет встраиваться какой-то

функционал искусственного интеллекта (ИИ). К 2024 году при взаимодействии с интерфейсом пользователя в более чем половине случаев будут задействованы возможности систем компьютерного зрения, синтезаторов речи, обработки естественного языка и функций дополненной/виртуальной реальности с использованием технологий ИИ.

#### 7 Внутрикorporативное доверие

К 2023 году в половине крупнейших компаний из списка *Global 2000* появится новая должность – исполнительный директор по мерам доверия (*Chief Trust Officer*). Он будет отвечать за гармоничное сочетание на базе взаимного доверия выполняемых сотрудниками функций – в сфере безопасности, финансов, управления кадрами, управления

Табл. 2. Количество патентов, зарегистрированных в США в 2016–2019 гг. лидерами рассматриваемых рынков, и их места в рейтинге по этому показателю

Компания	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов	Место	Количество патентов
<i>IBM</i>	1	8090	1	9043	1	9100	1	9262
<i>Samsung Electronics</i>	2	5521	2	5837	2	5850	2	6469
<i>Microsoft</i>	8	2410	8	2441	7	2353	4	3081
<i>Intel</i>	6	2793	4	3023	4	2735	5	3020
<i>LG Electronics</i>	7	2430	5	2701	6	2805	6	2474
<i>Apple</i>	11	2103	11	2229	9	2160	7	2490
<i>Amazon</i>	14	1672	13	1963	12	2035	9	2427
<i>Huawei</i>	25	1202	20	1474	16	1680	10	2418
<i>Qualcomm</i>	4	2925	6	2628	8	2300	11	2348
<i>TSMC</i>	9	2288	9	2425	6	2465	12	2331
<i>Sony</i>	10	2184	12	2135	15	1688	14	2142
<i>Google</i>	5	2842	7	2457	11	2070	15	2102
<i>Cisco</i>	34	978	31	967	37	785	33	1050
<i>Fujitsu</i>	17	1568	19	1538	29	1038	35	1008
<i>Texas Instruments</i>	39	888	36	923	42	923	42	894
<i>Oracle</i>	52	667	43	753	47	685	44	847
<i>Hewlett-Packard Enterprise</i>	–	–	–	–	76	428	48	794
<i>Hewlett-Packard</i>	–	–	–	–	66	545	52	770
<i>Siemens</i>	33	985	34	939	36	870	53	725
<i>GlobalFoundries</i>	22	1410	40	853	52	635	66	597
<i>Nokia</i>	–	–	–	–	78	417	89	428
<b>Всего у компаний – участников обзриваемых рынков</b>		<b>42 956</b>		<b>44 329</b>		<b>43 567</b>		<b>47 058</b>
Доля от общего числа патентов	<i>Top50</i>	52.8%	<i>Top50</i>	53.7%	<i>Top100</i>	43.1%	<i>Top100</i>	40.6%
Общее число патентов	<i>Top50</i>	81 311	<i>Top50</i>	82 562	<i>Top100</i>	101 179	<i>Top100</i>	115 999

рисками, организации продаж и производства, решения юридических вопросов.

**8) Каждое предприятие станет платформой**

К 2023 году 60% крупнейших компаний из списка *Global 2000* будут располагать экосистемой, объединяющих тысячи разработчиков приложений в сфере цифровых технологий. В половине этих предприятий более 20% цифрового дохода будет обеспечиваться с помощью собственных цифровых экосистем или платформ.

**9) Мультиотраслевые связи**

К 2025 году 20% роста доходов будет возникать “с чистого листа” – от предложений, сочетающих цифровые сервисы из ранее не связанных отраслей промышленности. У предприятий пятая часть партнеров будет из тех отраслей, которые ранее не входили в производственные цепочки.

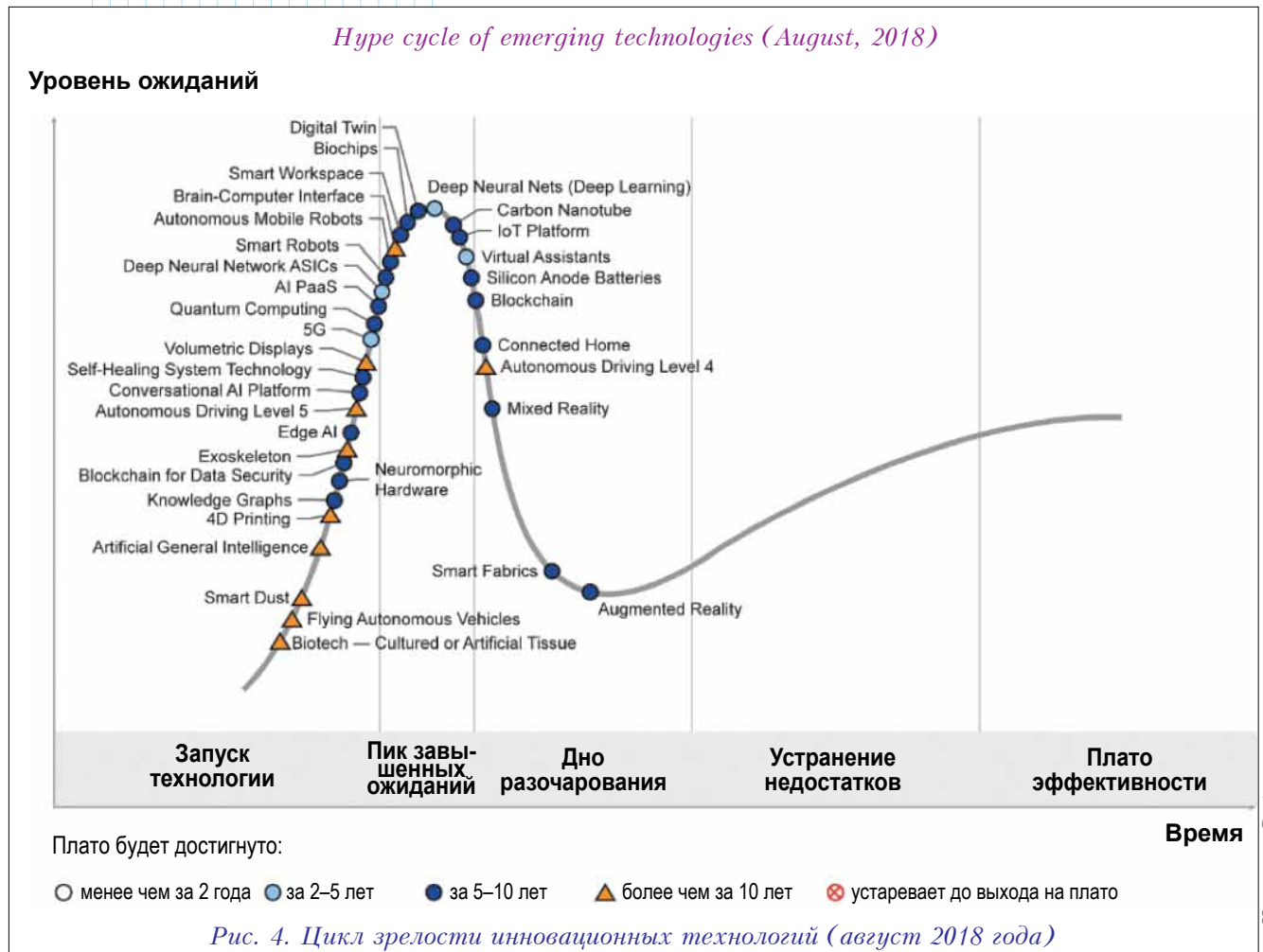
**10) Конкуренция технологических платформ**

К 2023 году доля рынка пяти ведущих “мега-платформ” публичных облаков, предоставляющих заказчикам инфраструктуру или платформу как сервис (*Infrastructure /Platform as a Service*,

*IaaS/PaaS*), будет составлять 75%. Десять ведущих поставщиков программного обеспечения по модели *SaaS (Software as a Service* – ПО как услуга) в среднем примерно 20% дохода будут получать в результате развития сервисов для платформ (*PaaS*).

**2.2 Gartner: циклы зрелости инновационных технологий в 2019 году**

Наиболее продолжительным проектом *Gartner* является ежегодно публикуемое описание циклов зрелости инновационных технологий (*Hype Cycle For Emerging Technologies*), объединяющее перспективы и тренды развития цифровых технологий, относящихся к различным отраслям. Основная цель публикации – дать информацию для размышления специалистам, отвечающим за выработку стратегии бизнеса, освоение глобального рынка, анализ и формулирование направлений для инноваций, руководителям исследовательских подразделений (*R&D*), коллективам разработчиков инновационных технологий, предпринимателям и другим. Циклы зрелости позволяют заинтересованным организациям наблюдать в динамике за процессом созревания технологий,



анализировать их прибыльность, а также реакцию рынка на инновации.

По традиции, в 2019 году циклы зрелости инновационных технологий представил **Mike J. Walker**, директор компании *Gartner* по исследованиям. В общей сложности обзор охватывает свыше двух тысяч компьютерных технологий, часть из которых отображена на **рис. 5**. Принятые обозначения подробно обсуждались в [14, рис. 1].

В качестве разминки перед чтением нашего пересказа комментариев, подготовленных гартнеровскими аналитиками, предлагаем читателям “найти 10 отличий” в циклах зрелости инновационных технологий, опубликованных компанией *Gartner* в августе 2018 года (**рис. 4**) и августе 2019-го (**рис. 5**), а также в комментариях к ним. Желающих освежить в памяти предыдущие циклы зрелости от *Gartner* отсылаем к нашим предыдущим публикациям [9–14].

Анализируя зрелость инновационных технологий в 2019 году, компания *Gartner* сформулировала следующие **пять ключевых тенденций** технологического развития на ближайшее будущее.

## 1 Сенсорика и мобильность (*Sensing and Mobility*)

Сочетание сенсорных технологий и методов ИИ способствует лучшему восприятию машинами окружающего мира и создает условия для их подвижности (*Mobility*) и манипуляций с объектами. Сенсорные технологии являются ключевым компонентом интернета вещей (*Internet of Things, IoT*), обеспечивающим возможность сбора огромного объема данных. Привлечение методов ИИ для анализа данных открывает новые возможности для глубокого понимания в различных аспектах, что найдет применение во многих сценариях.

Так, например, в следующем десятилетии *AR Cloud* – сочетание средств дополненной реальности (*Augmented Reality, AR*) с облачными технологиями – позволит формировать динамичную трехмерную карту-копию мира. Это сделает возможными новые модели взаимодействия и новые бизнес-модели с последующей их монетизацией в физическом мире. Речь идет о создании открытой облачной платформы, которая будет объединять *AR*-приложения, созданные различными разработчиками. Модель монетизации может быть построена по аналогии

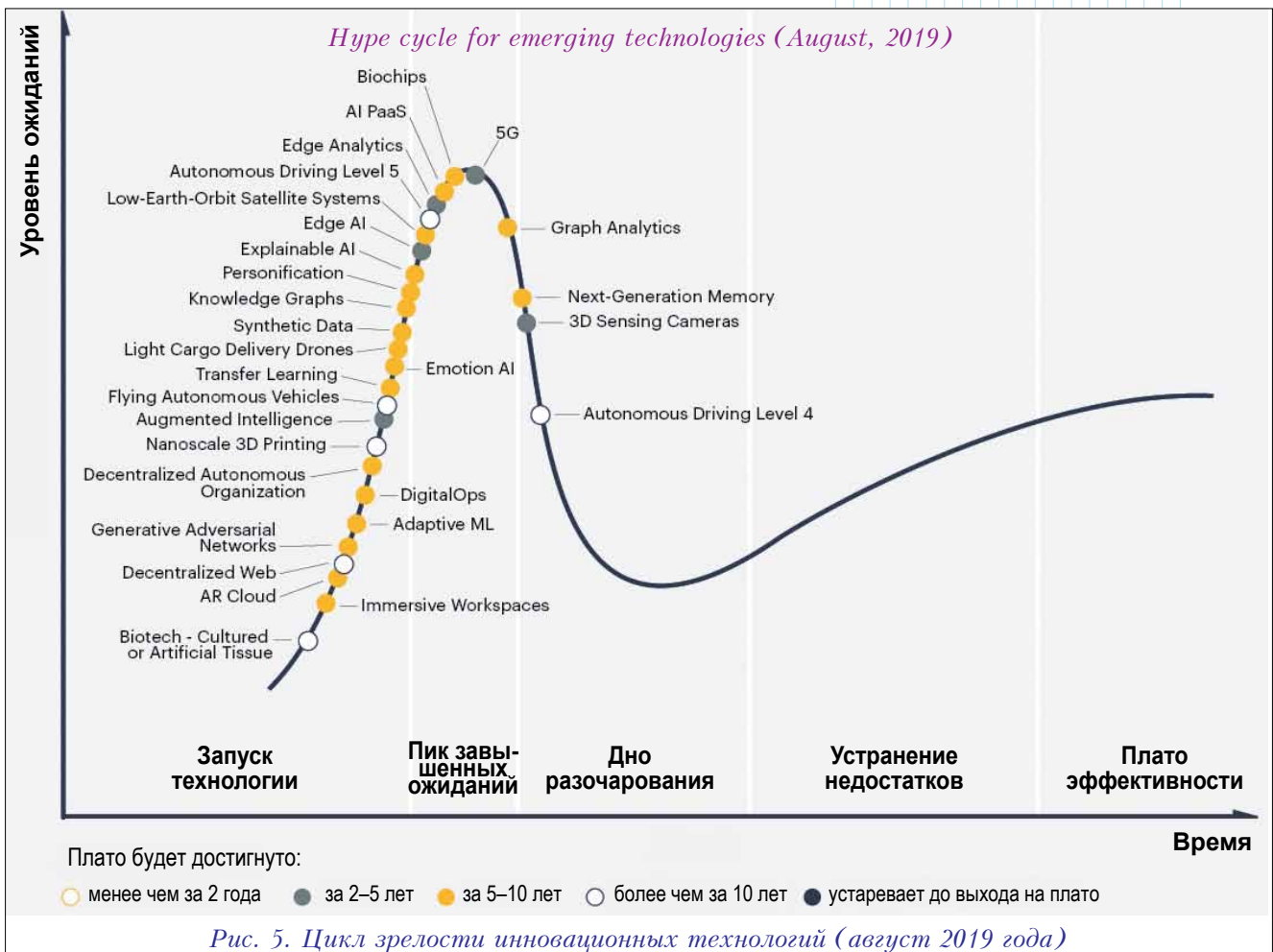


Рис. 5. Цикл зрелости инновационных технологий (август 2019 года)



со *Steam* – онлайн-сервисом цифрового распространения компьютерных игр и программ, который разрабатывает и поддерживает компания *Valve*.

Ключевые направления развития технологий, на которые следует обратить внимание:

- камеры с 3D-зрением (*3D-Sensing Cameras*);
- облако дополненной реальности (*AR Cloud*) –

постоянно обновляемая цифровая копия реального мира, объединяющая огромный объем информации, сочетающая различные данные и облака точек, полученные в результате сканирования физических предметов, к чему добавляются элементы дополненной реальности;

- дроны для доставки небольших грузов (*Light-Cargo Delivery Drones*);
- беспилотные дроны (*Flying Autonomous Vehicles*);
- автономные транспортные средства 4-го уровня (когда человек еще может принять на себя управление) и 5-го уровня (все задачи управления транспортное средство решает самостоятельно).

## 2 Человек с “дополненными” возможностями (*Augmented Human*)

Грядущие достижения в сфере усиления когнитивных и физических возможностей людей аналитики связывают с таким направлением развития, когда технологические новинки становятся неотъемлемой частью человеческого тела. В качестве примеров можно назвать экзоскелет и протезы конечностей, имеющие улучшенные характеристики, существенно усиливающие обычные человеческие возможности.

Ключевые направления развития технологий, на которые следует обратить внимание:

- биоакустические датчики и биочипы;
- деперсонифицированная таргетизация, что

является ответом на растущее беспокойство людей по поводу использования их личных данных для целевой рекламы. Цель – выработка подхода, позволяющего демонстрировать пользователю рекламу, соответствующую контексту, в котором он находится, а не “ему лично”. Чтобы не возникало ощущение слежки, должна использоваться информация, не входящая в категорию персональных данных: тип устройства, время суток, локация, погодные условия, ближайшие магазины и пр. • расширенный интеллект (*Augmented Intelligence*) – эффективное использование информационных технологий для усиления человеческого интеллекта;

• ИИ для понимания эмоций (*Emotion AI*) – это направление позволяет компьютеру распознавать и интерпретировать человеческие эмоции и реагировать на них;

• иммерсивные рабочие пространства (*Immersive Workspaces*). Под иммерсивностью понимается создание эффекта погружения, что достигается за счет переформатирования окружающей

сотрудника рабочей среды с помощью средств *VR/AR*. Это приводит к “стиранию границ” между исполнителем и инициатором работы, поощряет сотрудника к занятию более активной позиции при выполнении своих функций;

- биотехнологии – выращенная в специальной среде или искусственная ткань (*Cultured or Artificial Tissue*).

## 3 Постклассические вычисления и коммуникации

Новые подходы и архитектуры расширяют возможности пользователей и могут оказать существенное влияние на развитие и совершенствование технологий в сфере коммуникаций и других областях.

Например, запуск на низкую околоземную орбиту компактных спутников обеспечит глобальное интернет-подключение с малым временем отклика. Ожидается, что “созвездия” таких спутников предоставят доступ к интернету почти половине еще неподключенных к Сети домохозяйств, что откроет новые возможности для экономического роста в странах и регионах, где доступ к интернету пока затруднен. Таким образом, в течение нескольких лет можно будет добиться значительного социального и коммерческого эффекта.

Ключевые направления, на которые следует обратить внимание, включают:

- квантовые вычисления (*Quantum Computing*);
- 3D-печать для изготовления наноэлементов перспективных микросхем (*Nanoscale 3D Printing*);
- 5G – пятое поколение средств мобильной связи, обеспечивающее более высокую пропускную способность сетей (в том числе, широкополосный интернет) при более высокой энергоэффективности;
- энергонезависимая долговременная память следующего поколения с характеристиками, близкими к оперативной памяти, на основе *NVRAM*-технологий (*Non Volatile Random Access Memory*);
- низкоорбитальные спутниковые системы (*Low Earth Orbit Satellite Systems*).

## 4 Цифровые экосистемы

Цифровые экосистемы – это взаимозависимая группа субъектов (предприятий, людей и даже вещей), совместно использующих цифровые платформы для достижения своих целей на принципах взаимной выгоды. Цифровизация способствует декомпозиции классических цепочек создания ценностей, появлению надежных и гибких сетей для доставки их потребителям. Цепочки нового типа способны постоянно трансформироваться с целью создания новых, улучшенных продуктов и услуг.

Ключевые направления развития технологий, на которые следует обратить внимание:

- *DigitalOps* подразумевает распространение подхода *DevOps*, характерного для сферы разработки программного обеспечения, на другие сегменты бизнеса, такие как проектирование (*DesignOps*), маркетинг (*MarketingOps*) и пр. Девóпс (акроним из *Development* и *Operations*) представляет собой методологию организации взаимодействия разработчиков программного продукта со специалистами по его информационно-технологическому обслуживанию в период эксплуатации, обеспечивающую интеграцию их рабочих процессов.

- Графы знаний (*Knowledge Graphs*) предоставляют программные способы моделирования областей знаний, в том числе с помощью алгоритмов машинного обучения. Граф знаний строится поверх существующих баз данных, чтобы связать воедино структурированную и неструктурированную информацию.

- Синтетические данные (*Synthetic Data*) для обучения нейронных сетей. Генерирование огромных искусственных наборов данных требуется для того, чтобы, во-первых, освободить людей от этого выполняемого вручную труда, и, во-вторых, чтобы избежать юридических затруднений при их использовании и необходимости получать согласие на обработку чужих персональных данных.

- Децентрализованный интернет (*Decentralized Web*) предполагает возвращение к изначальной идее построения сети как паутины, а не как иерархической структуры, и преодоление недостатков централизации, возникшей в результате роста интернета, включая доминирование одной поисковой системы, одной массовой социальной сети, одной платформы и т.д. Централизованная архитектура позволяет отключить от интернета какой-либо регион или страну – таким образом, это нарушает базовые этические принципы “всемирной паутины”.

- Децентрализованные автономные организации (*Decentralized Autonomous Organizations*) – такие организации, которые управляются правилами, записанными в виде компьютерной программы, а их финансовая деятельность базируется на блокчейн-технологии. Целью является устранение институтов государства (в том числе нотариата и других привычных структур верификации) как посредников в создании общей доверенной среды для пользователей, причем предполагается коллективное, а не единоличное владение этой средой.

## 5 Продвинутая аналитика и ИИ

Продвинутая аналитика включает в себя автономную или полуавтономную проверку данных и контента с привлечением сложных методов и инструментов, выходящих за рамки традиционного бизнес-анализа (*Business Intelligence*).

Применение возможностей ИИ на периферийных устройствах будет расти в сферах,

чувствительных к задержке в получении результатов обработки данных (например, беспилотная навигация) и перебоем в сети (например, удаленный мониторинг, понимание естественного языка (*Natural Language Processing*), распознавание лиц), а также требующих обработки большого объема данных (например, видео-аналитика).

Ключевые направления развития технологий, на которые следует обратить внимание:

- Адаптивное машинное обучение (*Adaptive Machine Learning*) охватывает методы решения задач с очень большим количеством данных, характер которых постепенно меняется. Для решения относительно простых задач применяется обычное машинное обучение, работающее по принципу открытой системы (*open-loop*): подготавливаются данные, строится алгоритм ИИ и проводится обучение, в ходе которого контролируются несколько показателей; когда настройка алгоритма (обучение) завершена, приложение можно предлагать пользователям для решения их задач. В случае АМЛ используются системы, которые сами адаптируются и сами себя обучают, для чего организуются самообучающиеся контуры с обратной связью (*closed-loop*), что позволяет адаптировать интеллектуальные алгоритмы с учетом изменений характера данных.

- Периферийная аналитика (*Edge Analytics*) подразумевает перенос выполнения алгоритма ИИ с уровня облака или сервера на уровень конечного устройства, что избавляет от необходимости в подключении к центральному серверу и может обеспечить более быстрое выполнение.

- Объяснимый ИИ (*Explainable AI*) охватывает совокупность методов, позволяющих анализировать сложные, глубинные взаимосвязи, которые сам пользователь обнаружить не может. С помощью *EAI* признаки объекта, выявленные глубинной нейронной сетью (*Deep Neural Network, DNN*), организуют так, чтобы после обучения *DNN* полученное внутреннее представление могло быть проанализировано человеком – таким образом, пользователь сможет в случае необходимости не полагаться слепо на решение, полученное нейронной сетью.

- ИИ-платформа как услуга (*AI Platform as a Service*) предполагает доступ к вычислительной платформе вместе с её облачным хранилищем данных и программным обеспечением, в том числе и для решения задач ИИ. Примеры таких платформ: *Amazon Web Services Machine Learning, Google Cloud AI Platform, IBM Watson Data and AI, Microsoft Azure AI*.


- Перенос обучения (*Transfer Learning*) представляет собой переобучение части или всей нейронной сети (что, как оказалось, сделать проще, чем обучить нейронную сеть “с нуля”).

- Генеративно-сопоставительные сети (*Generative Adversarial Networks, GAN*) призваны решить проблемы, связанные со сложностью формулирования цели обучения нейронной сети. При таком подходе используются две сети: одна является генератором образцов, тогда как другая учится отличать правильные образцы от неправильных. Таким образом, поскольку задачи у сетей противоположные, между ними идет антагонистическая игра. Сегодня *GAN* находят применение для получения фотореалистичных изображений.

- Графовая аналитика (*Graph Analytics*) представляет собой метод анализа данных, представленных в форме графов, что особенно хорошо подходит для работы с абстрактными понятиями, такими как отношения и взаимодействия. Сфера применения: логистика (оптимальные маршруты, места для складов и центров доставки), банковское дело (выявление мошеннических транзакций и криминальных денежных потоков), маркетинг в соцсетях, телекоммуникации, предотвращение киберугроз и т.д.

## Несколько слов вместо заключения

Надеемся, что предложенные вниманию читателей взаимодополняющие прогнозы компаний *IDC* и *Gartner* помогут составить некоторую более-менее целостную композицию в отношении вероятных путей развития технологий в 2020 году и в ближайшей перспективе.

На этом мы завершаем очередной комплексный обзор из восьми частей. Результаты дальнейших наблюдений за рынками систем высокопроизводительных вычислений будут представлены в наших грядущих публикациях. 

### Об авторе:

Павлов Сергей Иванович – *Dr. Phys.*, ведущий научный сотрудник Института численного моделирования Латвийского университета ([Sergejs.Pavlovs@lu.lv](mailto:Sergejs.Pavlovs@lu.lv)), автор аналитического *PLM*-журнала “*CAD/CAM/CAE Observer*” ([sergey@cadcamcae.lv](mailto:sergey@cadcamcae.lv)).

## Литература

1. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть I. Серверы, облачная ИТ-инфраструктура, квантовые вычисления // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 68–77.
2. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть II. *HPC*-системы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №4, с. 79–87.
3. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть III. Суперкомпьютеры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №5, с. 65–78.
4. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть IV. Сфера *PLM*, включая *CAE* и *EDA* // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №6, с. 6–18.
5. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Компьютеры, планшеты, смартфоны // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №7, с. 68–78.
6. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Процессоры // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №8, с. 68–78.
7. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2018–2019 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VII. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2020, №1, с. 67–79.
8. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Итоги года // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №1, с. 70–81.
9. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2017–2018 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VIII. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2019, №2, с. 70–78.
10. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2016–2017 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2018, №2, с. 6–15.
11. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2015–2016 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть VI. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2017, №2, с. 58–70.
12. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2014–2015 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, №2, с. 77–86.
13. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2013–2014 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Планы и прогнозы // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2015, №2, с. 65–74.
14. Павлов С. Системы высокопроизводительных вычислений в 2012–2013 годах: обзор достижений и анализ рынков. Часть V. Прогнозы развития информационных технологий // *CAD/CAM/CAE Observer*, 2014, №2, с. 89–94.