



Московский институт электроники
и математики им. А.Н. Тихонова

Департамент компьютерной
инженерии

Москва 2024

Машинное обучение и его роль в разработке чипов

Докладчик:

аспирант ДКИ МИЭМ НИУ ВШЭ
Зунин Владимир Викторович

Руководитель НУГ:

Доцент ДКИ МИЭМ НИУ ВШЭ
Американов Александр Александрович

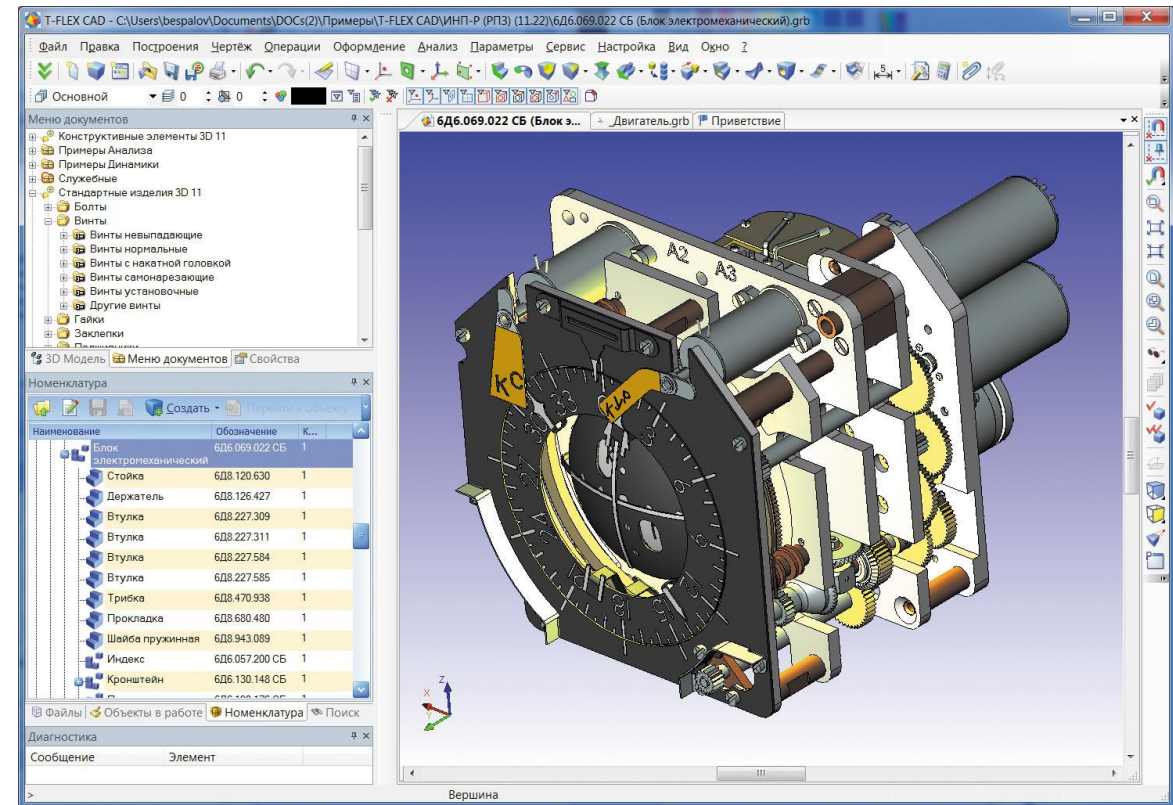
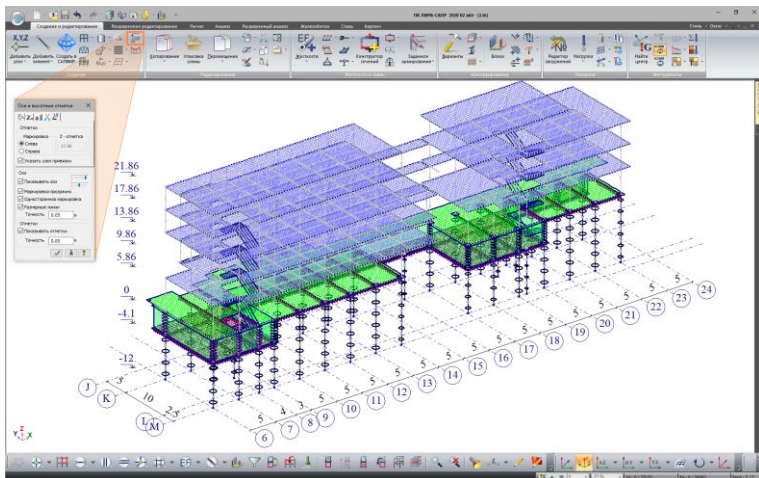


Система автоматизированного проектирования



Система автоматизированного проектирования

Система автоматизированного проектирования (САПР) – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования. Представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.





Классификация САПР

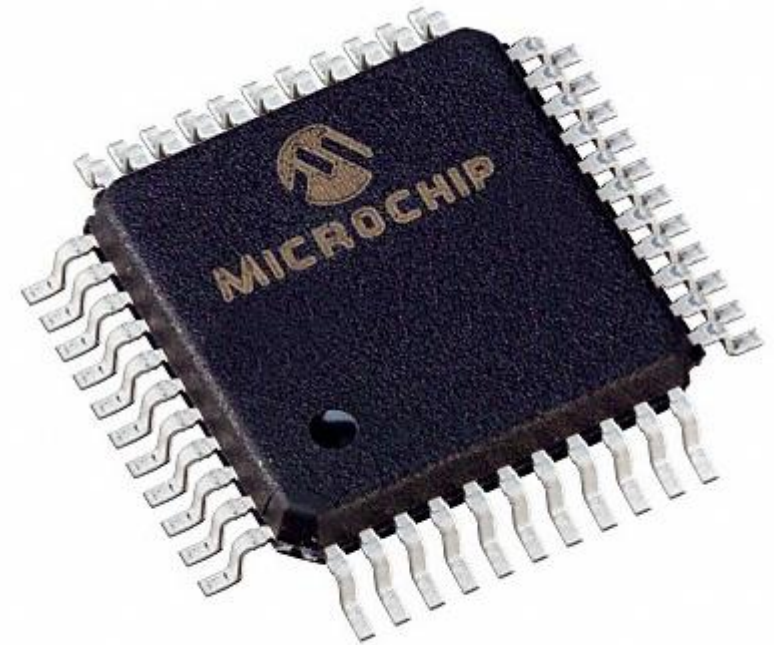
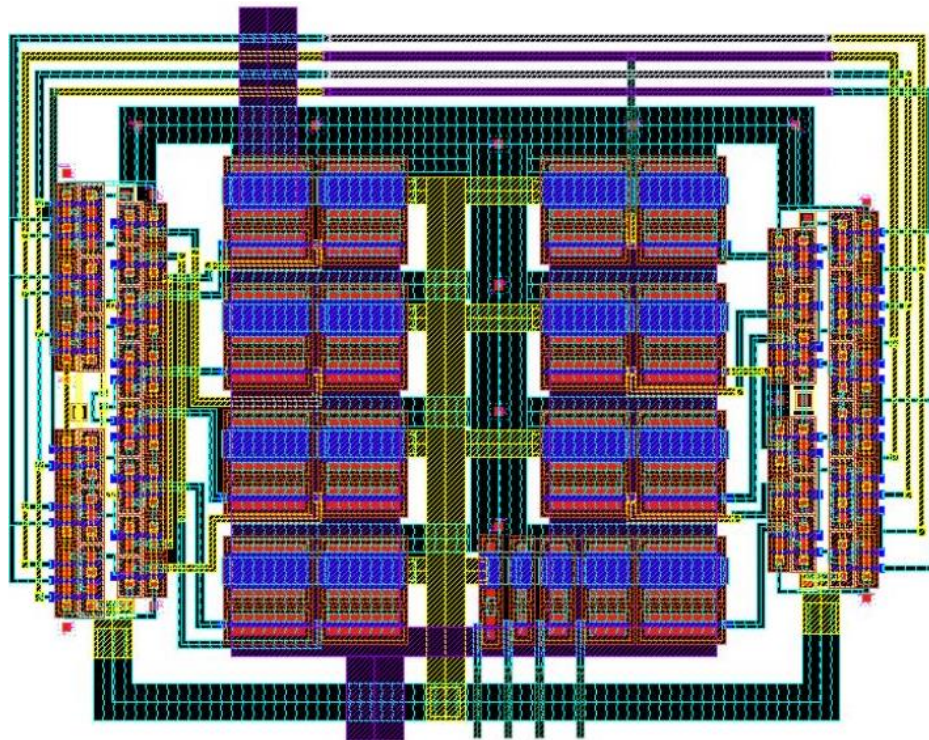
по отраслевому назначению	по целевому назначению
MCAD (автоматизированное проектирование механических устройств)	CAD (средства автоматизированного проектирования)
ECAD (САПР электронных устройств)	CAE (средства автоматизации инженерных расчетов)
	CAM (средства технологической подготовки производства изделий)
	CAPP (средства автоматизации планирования технологических процессов на стыке CAD и CAM)



История развития САПР

Ранние годы: 1960-е

- NET-1 (1962 г.)
- ЕСАР (1964 г.)
- ПАЭС (1965 г.)





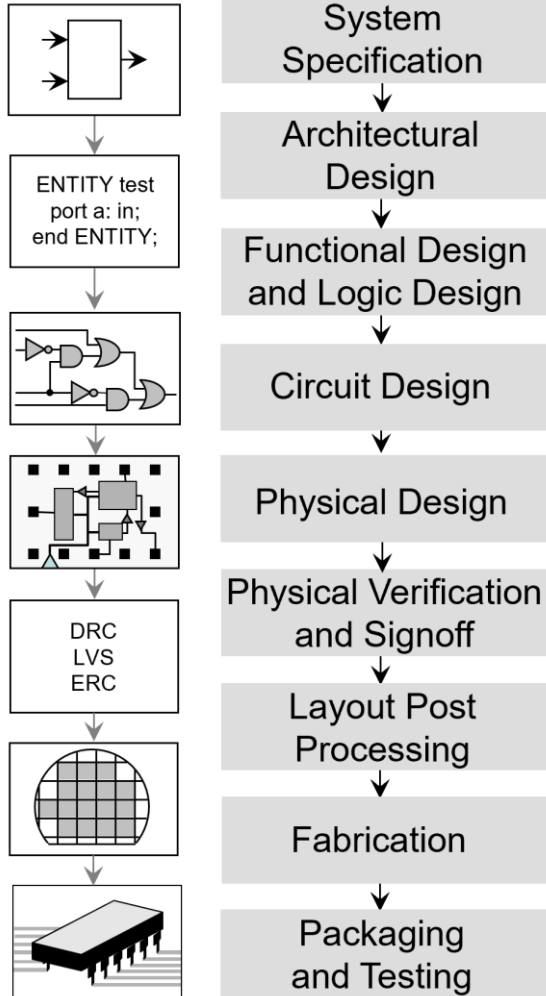
Ранние годы: 1980-е

- 1981 г. – начало EDA как отрасли, основание Mentor Graphics;
- 1981 г. – начало финансирования языка аппаратного обеспечения VHDL;
- 1984 г. – первая конференция по автоматизации проектирования;
- 1986 г. – представлен язык Verilog компанией Gateway Design Automation, основание Synopsys;
- 1988 г. – основание Cadence Design Systems;



Маршрут проектирования цифровых устройств

Маршрут проектирования цифровых устройств

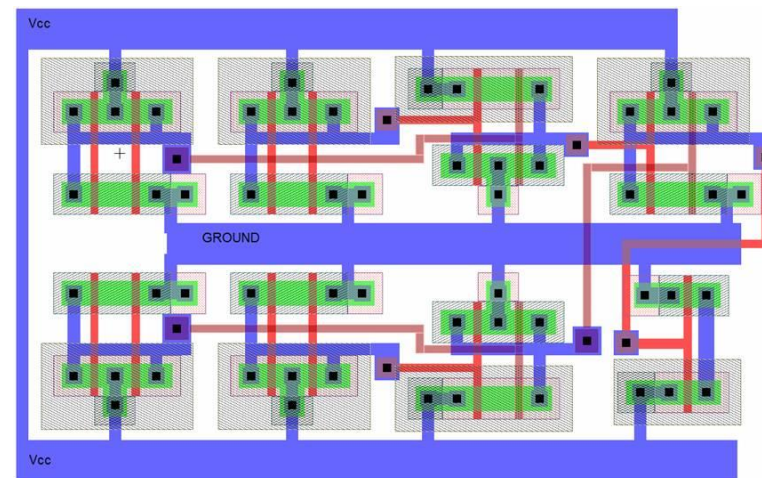
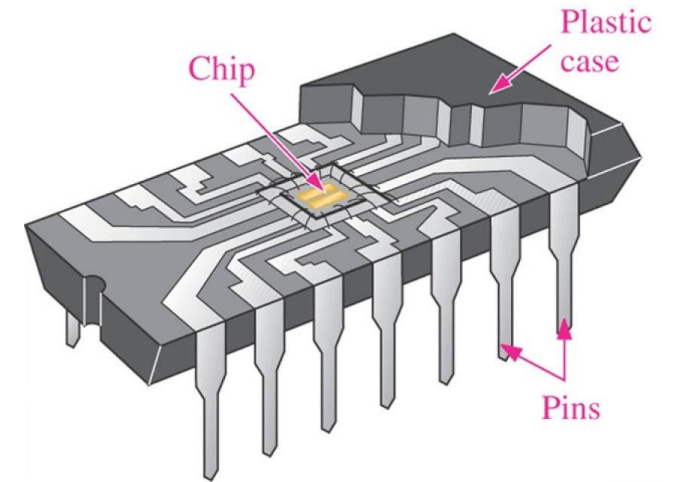
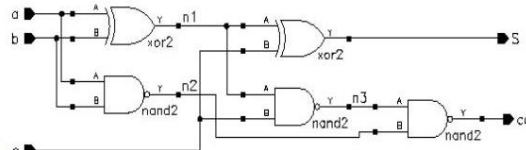


- Net-list description
 - built-in primitives gates

- A full-adder

```

module add (co, s, a, b, c)
  input a, b, c;
  output co, s;
  xor (n1, a, b);
  xor (s, n1, c);
  nand (n2, a, b);
  nand (n3, n1, c);
  nand (co, n3, n2);
endmodule
    
```

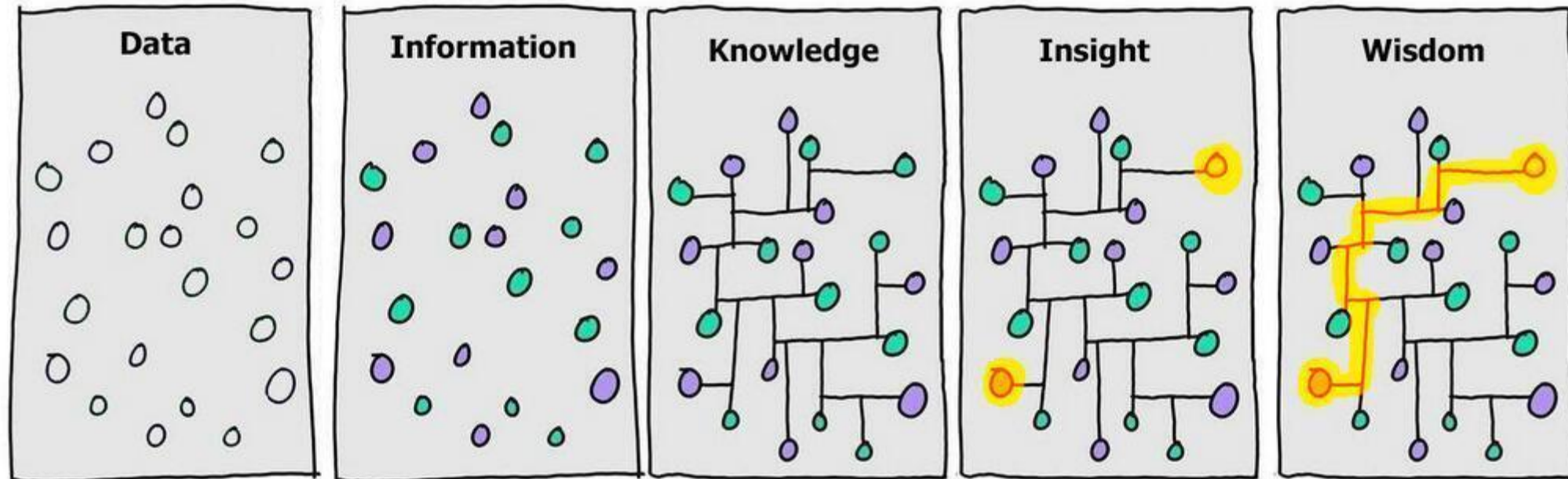




Машинное обучение

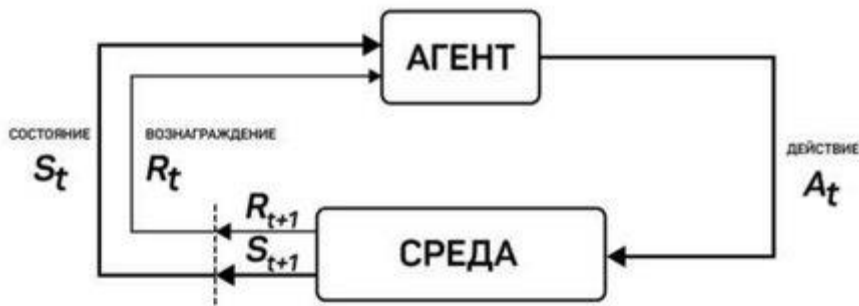
Машинное обучение

Машинное обучение (machine learning, ML) — подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, которые приобретают способность эффективно решать задачи в процессе систематического обучения на множестве сходных задач.

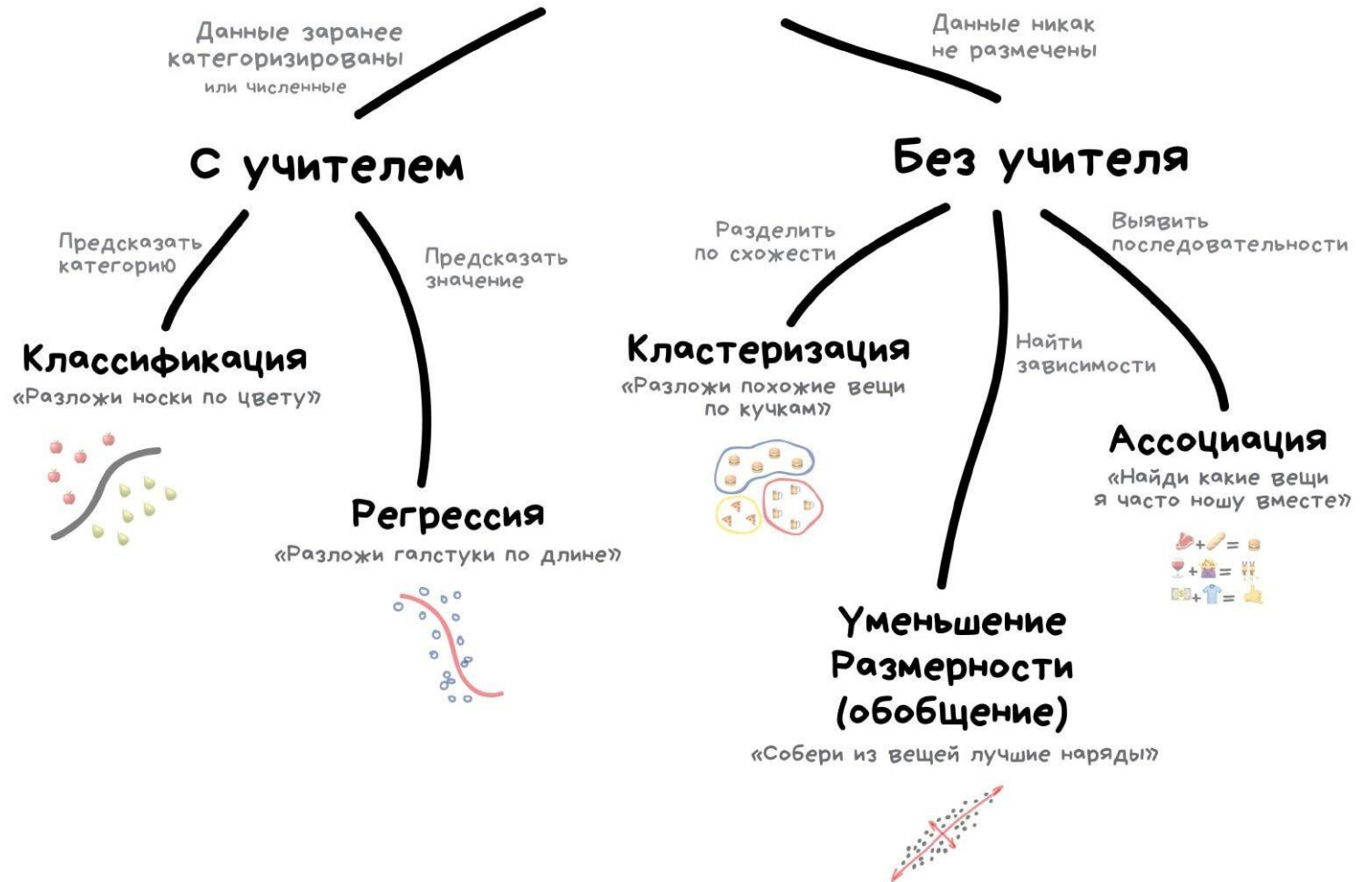


Способы машинного обучения

- обучение с учителем или контролируемое обучение (supervised learning);
- обучение без учителя (unsupervised learning);
- обучение с подкреплением (reinforced learning).



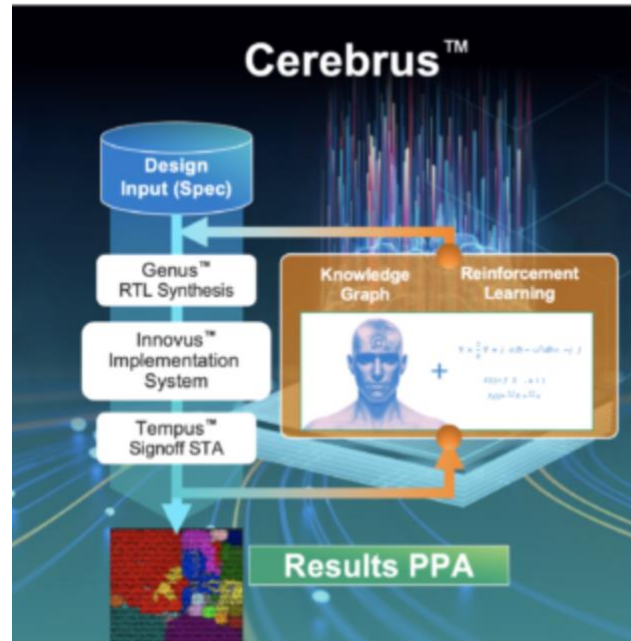
Классическое Обучение



AI и ML — новый уровень проектирования ИС

Модели машинного обучения оптимально подходят для проектирования интегральных схем.

Cerebrus: ML for Better PPA and Full Flow Productivity



Manual Flow Development		CPU	
		Process	5nm
		Performance	3.5GHz

Start → 1 Engineer → Many Engineers
 → Many Months

Cerebrus automatically improved PPA of 5nm mobile CPU

Within 10 days, converged on improved flow

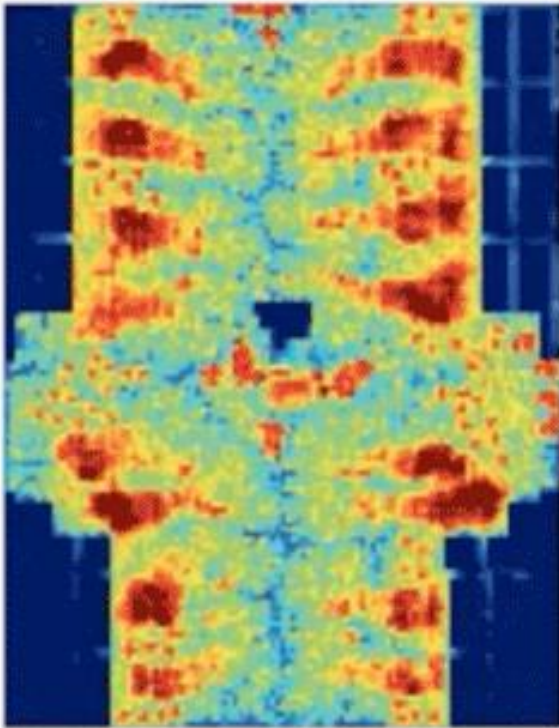
Cerebrus Improvements vs Baseline

Parameter	Improvement	Percent
Performance	420MHz	14%
Leakage power	26mW	7%
Total power	62mW	3%
Density		5%

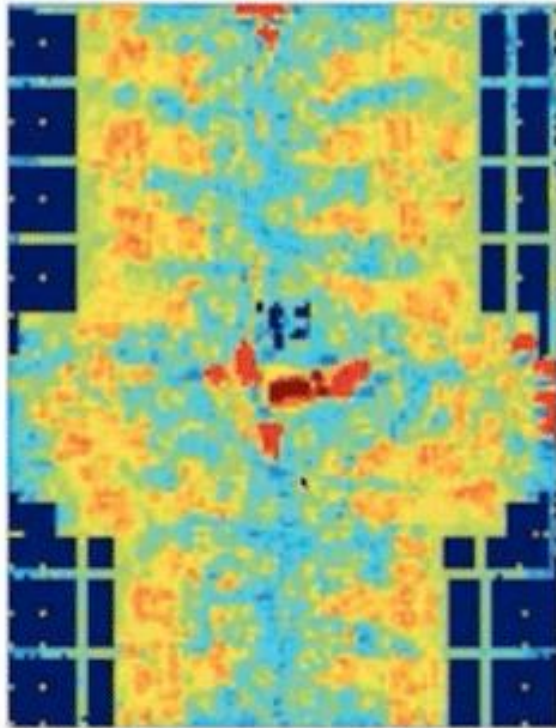


Примеры использования ML. Заторы маршрутизации

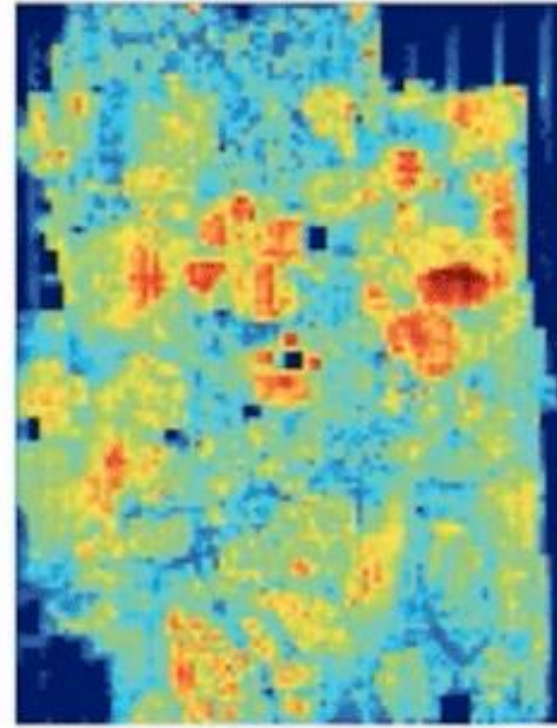
Partition_B
Actual Congestion



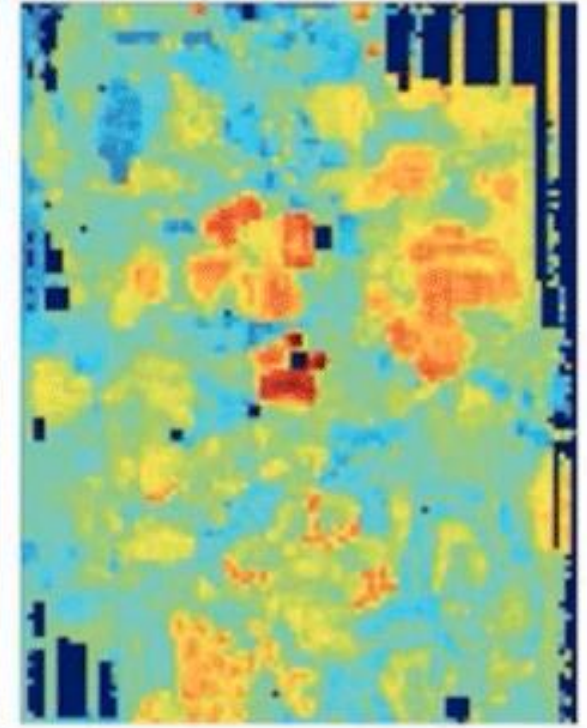
Partition_B
Predicted Congestion
Kendall Correlation : 0.61



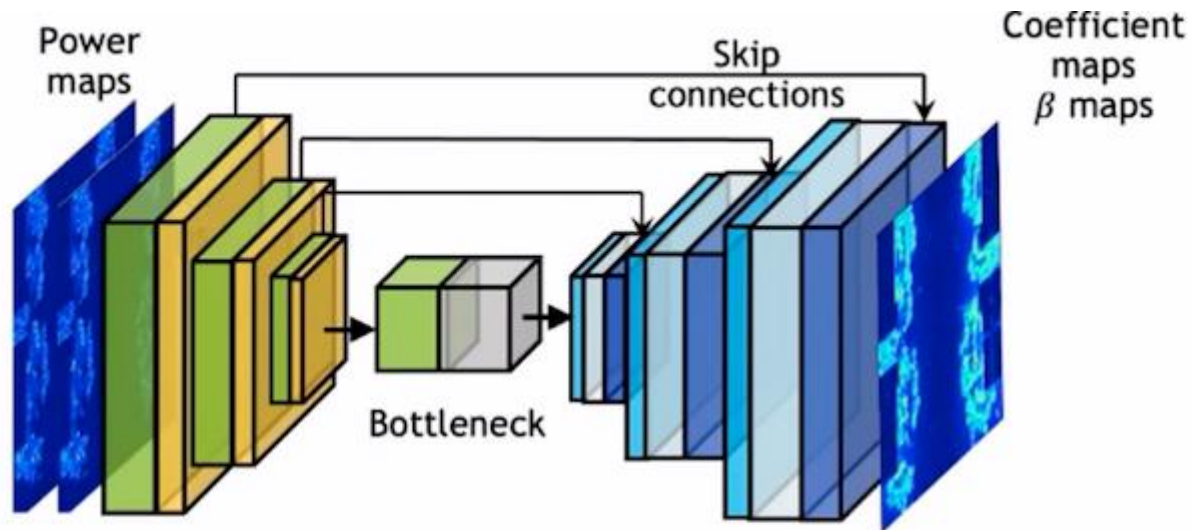
Partition_F
Actual Congestion



Partition_F
Predicted Congestion
Kendall Correlation : 0.53



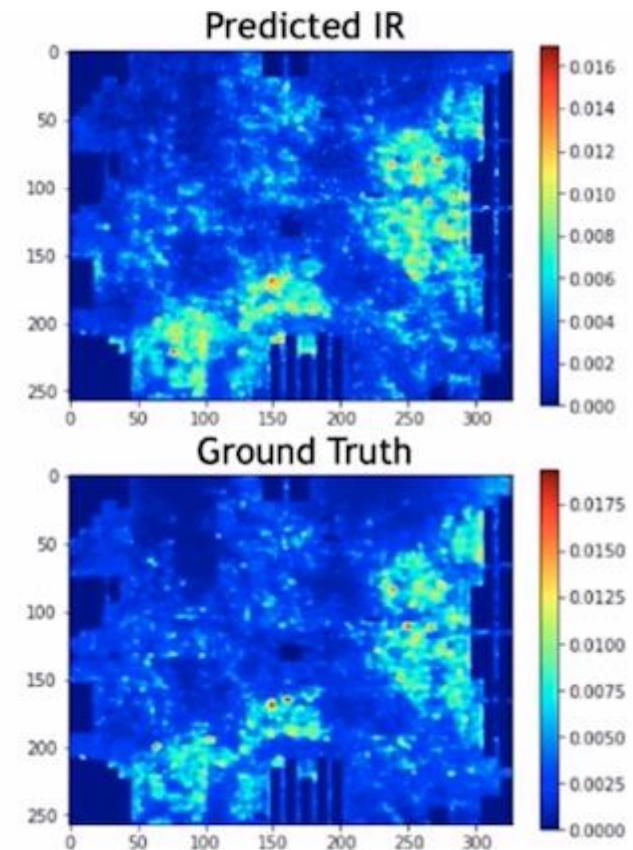
Примеры использования ML. Карта падения напряжения



$$IR_{inst} = \beta_1 P_i + \beta_2 P_s + \beta_3 P_l + \beta_4 P_{sca} + \beta_5 P_{tot} + \beta_6 R + \beta_7 P_{ires}$$

Best of both worlds: Transferable and ML model learns the coefficients

94% accuracy in 3 second model inference
18 minutes including feature extractions
vs 3 hr in commercial tools

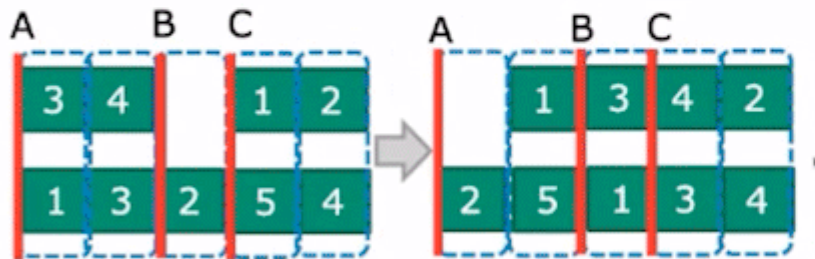


Примеры использования ML. Изменение техпроцесса. NVCell

Placement: Simulated Annealing

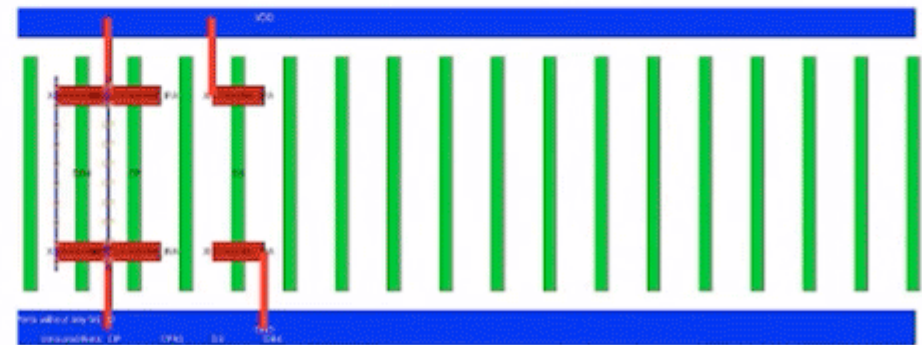
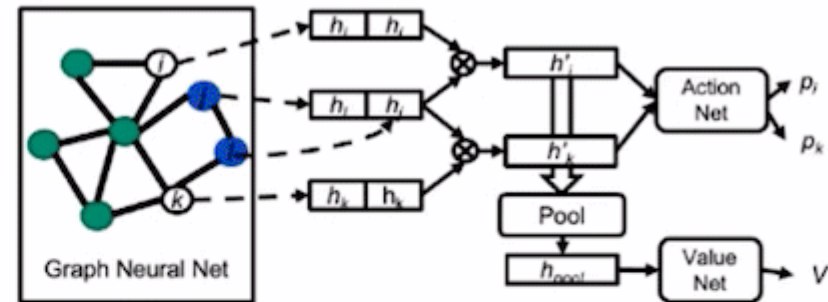
PMOS sequence: 3, 4, NA, 1, 2
 NMOS sequence: 1, 3, 2, 5, 4
 PIN sequence: A, NA, B, C, NA

Placement representation



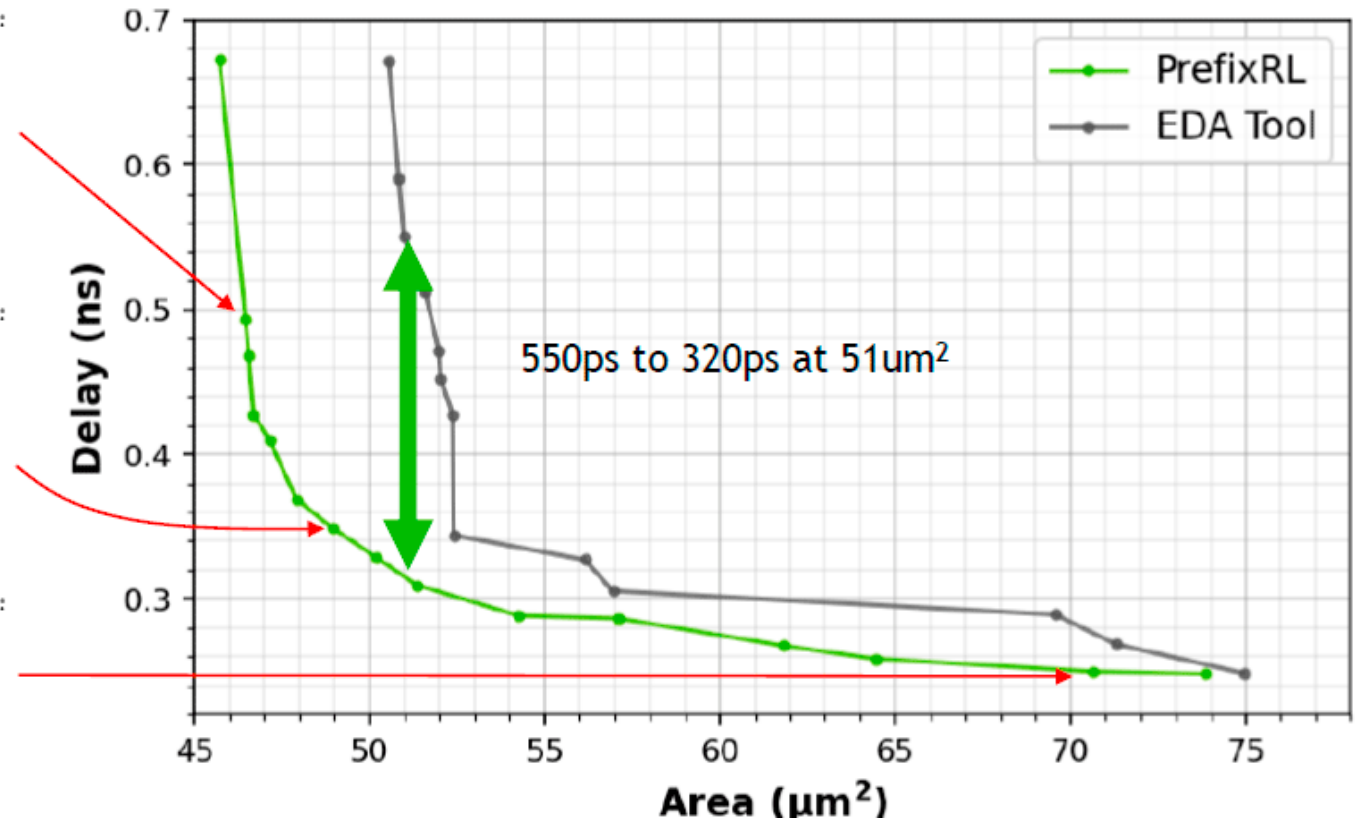
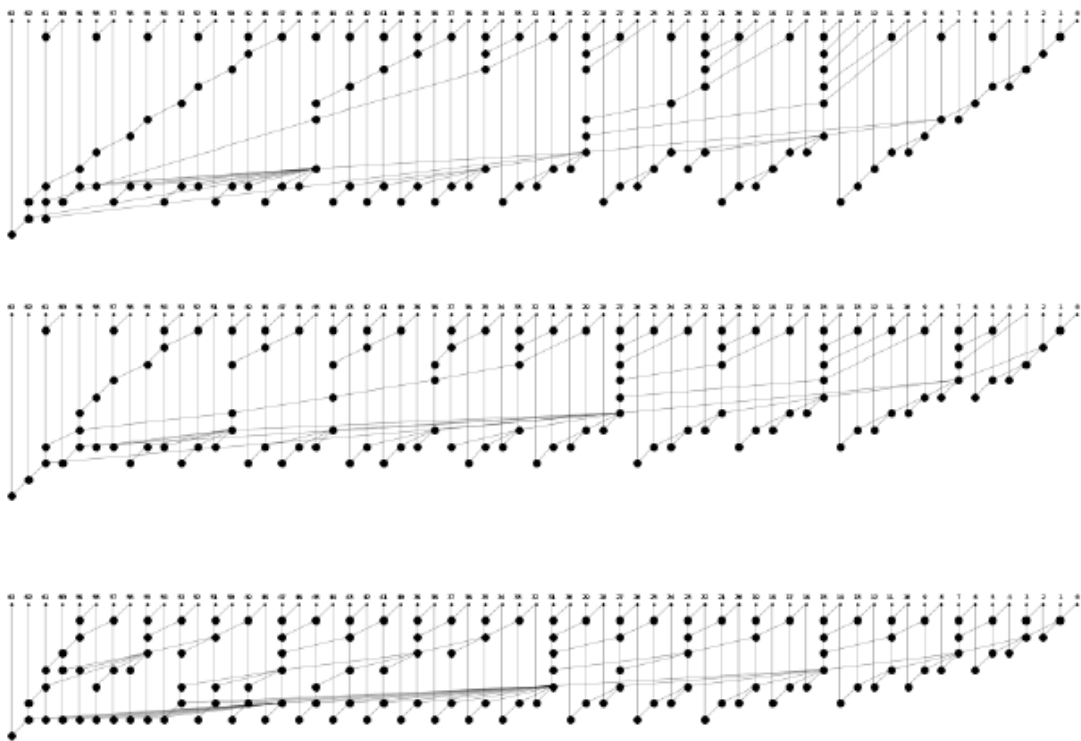
Transforms: Swap PMOS/NMOS pair segment, etc

Placement: Reinforcement learning (in progress)

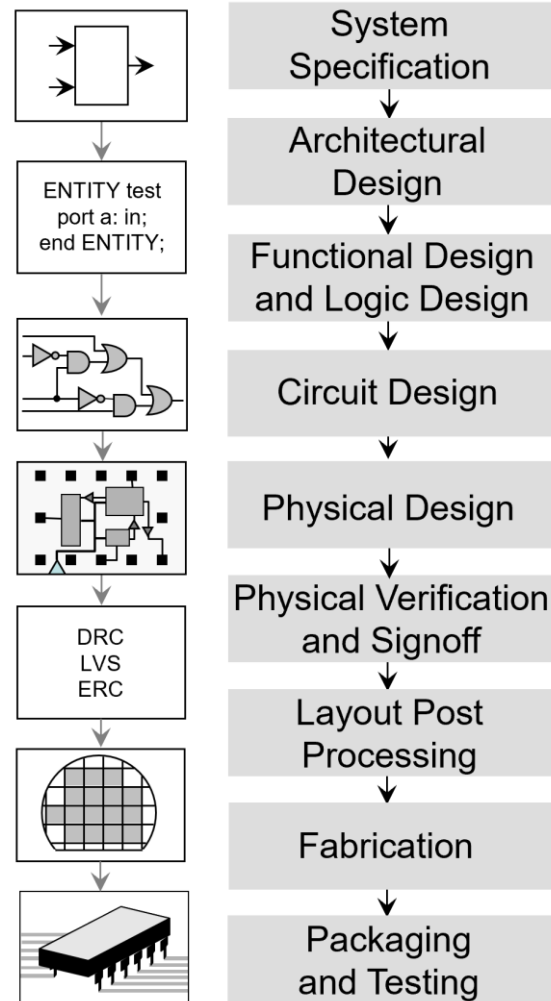


RL Placement Game Sequence (as good as SA on 97% cells)

Примеры использования ML. Изменение техпроцесса. PrefixRL



Примеры использования ML. Где еще?



Примеры использования ML. Изменение техпроцесса. PrefixRL

