

Kuantum Makine Öğrenmesi

Şaban Dalaman

Computer Engineer, Msc.

<https://www.linkedin.com/in/sabandalaman>

<https://twitter.com/sdaPCA>

<https://github.com/sdalaman>

Yapay Zeka : geniş bir alanı kapsayan bir terimdir. En genel haliyle bilgisayarların insan gibi düşünmesi için yapılan çalışmalardır. Makinelerin insan gibi bilişsel faaliyetleri yapabilmesi için gereken her yöntem, yazılım yada algoritma bu kategori içine girer.

Makine öğrenmesi : bilgisayarların veriden öğrenerek kendini yeni durumlara göre adapte etmesi alanı diyebiliriz. Bunun için algoritmalar ve matematiksel modeller kullanılır.

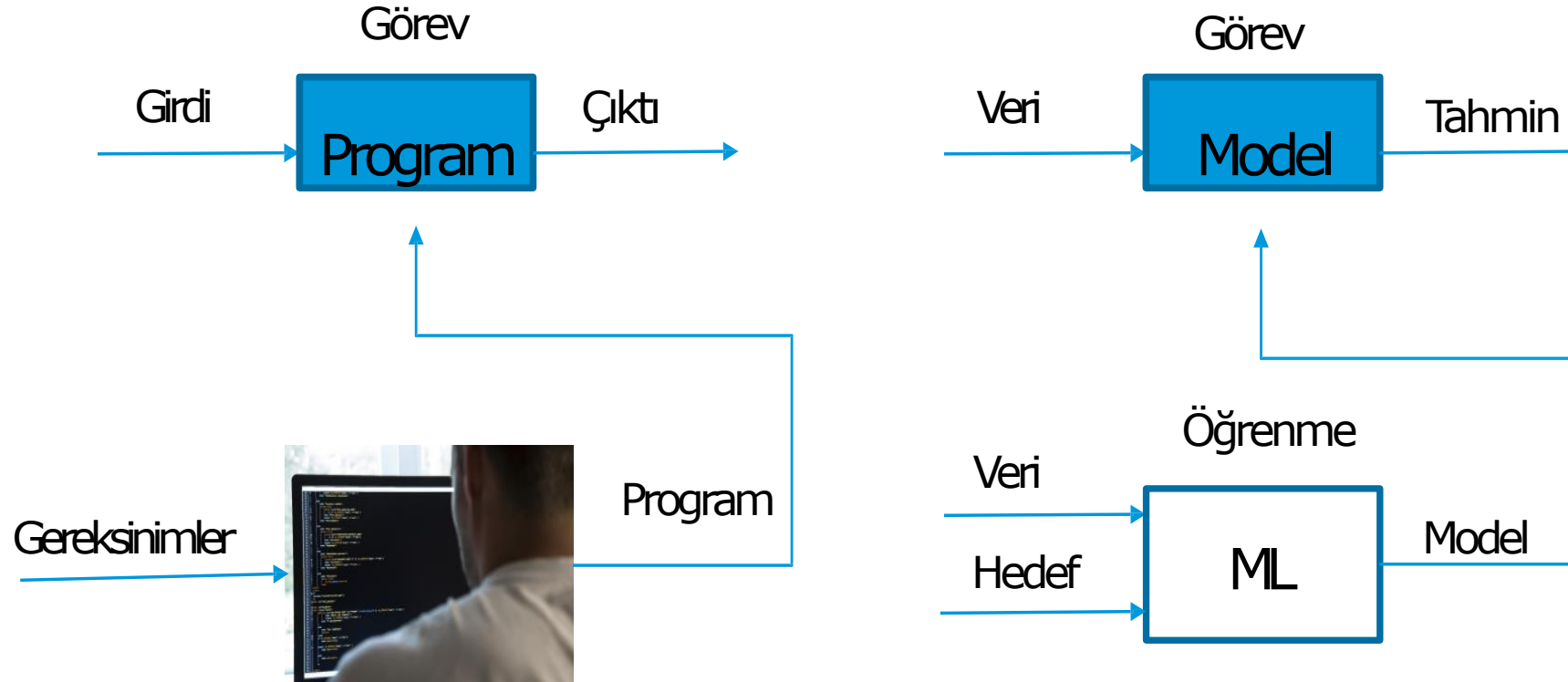
Derin öğrenme : makine öğrenmesinin bir alt alanıdır. Çok katmanlı yapay sinir ağlarından oluşan bir matematiksel modeldir. Şu anda en popüler makine öğrenmesi yöntemidir.

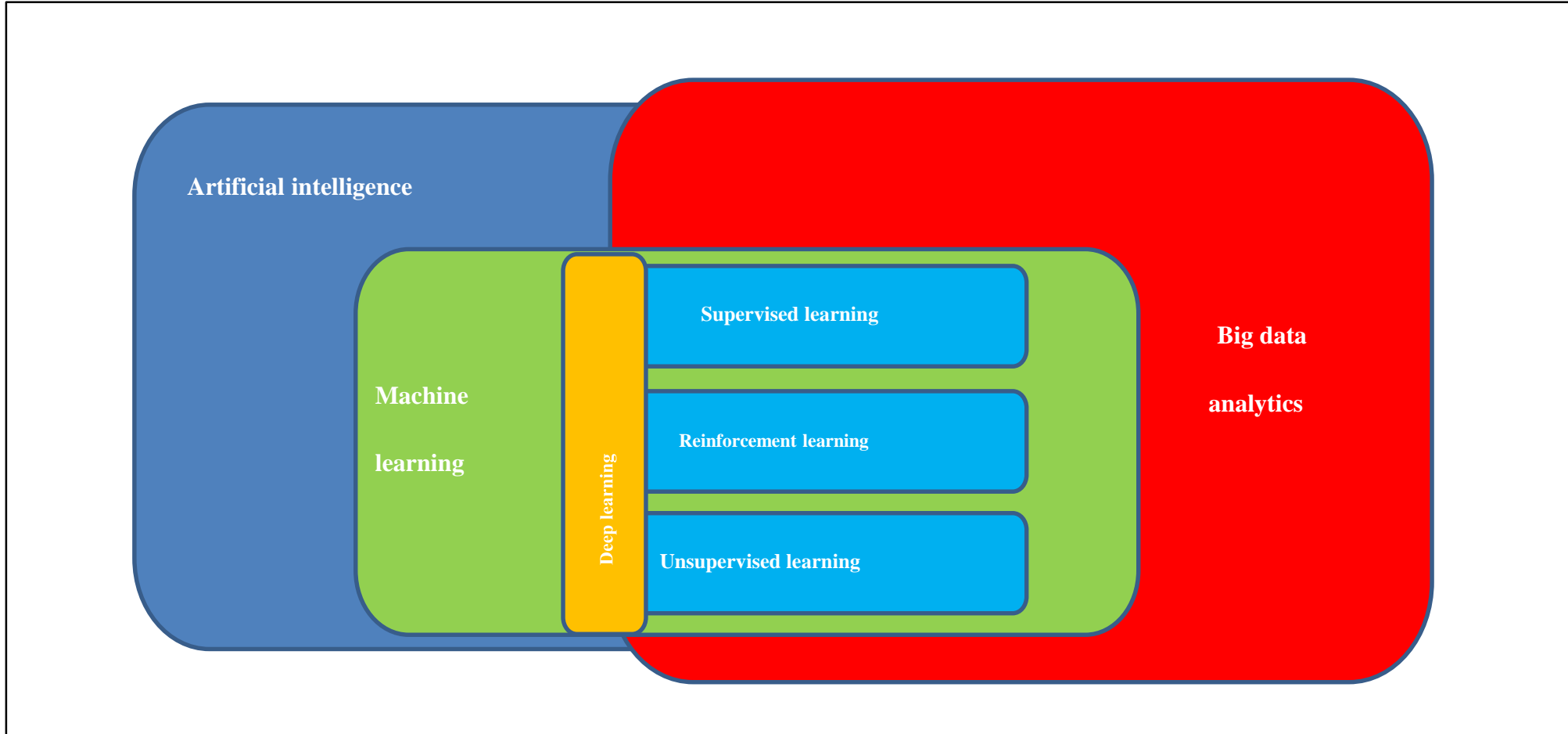
Veri bilimi : genel bir terim olarak veri işleme, analiz etme ve veriden bir değer üretme amaçlı tüm faaliyetleri kapsayan bir alandır. Algoritmik yöntemleri ve yazılım teknolojilerini kullanarak veriden hızlı ve etkin bir şekilde bilgi oluşturma çalışmasıdır. Veri bilimi sayesinde, veriyi kullanarak üretilen bilgi ile sadece iş dünyasında değil bilim, teknoloji ve hatta politikada bile etkin karar verme süreçleri oluşturulabilir.

Geleneksel Programlama ve Makine Öğrenmesi

“Bir bilgisayar programı, tecrübe (E) ile belirli bir görev (T) için ve performans ölçümleri (P) ile E'yi kullanarak T üzerindeki P ile ölçülen performansı iyileşiyorsa ÖĞRENİYOR demektir.”

Tom Mitchell, 1997.












Classical computing

0

1

Logic Gates

Name	NOT	AND	NAND	OR	NOR	XOR	XNOR																																																																																																
Alg. Expr.	\bar{A}	AB	\overline{AB}	$A+B$	$\overline{A+B}$	$A \oplus B$	$\overline{A \oplus B}$																																																																																																
Symbol																																																																																																							
Truth Table	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	A	X	0	1	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>B</th> <th>A</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	B	A	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	X																																																																																																						
0	1																																																																																																						
1	0																																																																																																						
B	A	X																																																																																																					
0	0	0																																																																																																					
0	1	0																																																																																																					
1	0	0																																																																																																					
1	1	1																																																																																																					
B	A	X																																																																																																					
0	0	1																																																																																																					
0	1	1																																																																																																					
1	0	1																																																																																																					
1	1	0																																																																																																					
B	A	X																																																																																																					
0	0	0																																																																																																					
0	1	1																																																																																																					
1	0	1																																																																																																					
1	1	1																																																																																																					
B	A	X																																																																																																					
0	0	1																																																																																																					
0	1	0																																																																																																					
1	0	0																																																																																																					
1	1	0																																																																																																					
B	A	X																																																																																																					
0	0	0																																																																																																					
0	1	1																																																																																																					
1	0	1																																																																																																					
1	1	0																																																																																																					
B	A	X																																																																																																					
0	0	1																																																																																																					
0	1	0																																																																																																					
1	0	0																																																																																																					
1	1	1																																																																																																					

Quantum computing

qubits

 $|0\rangle$ $|\psi\rangle$ $|1\rangle$

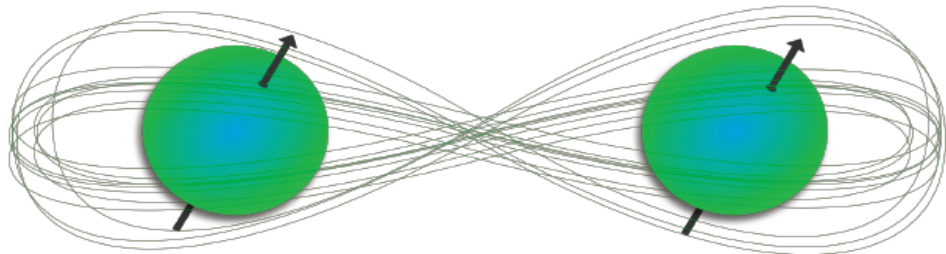
$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

α, β = Negative, imaginary, irrational ...

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Quantum entanglement

Qubits can become entangled and interfere with each other, creating correlations that are not possible to obtain classically

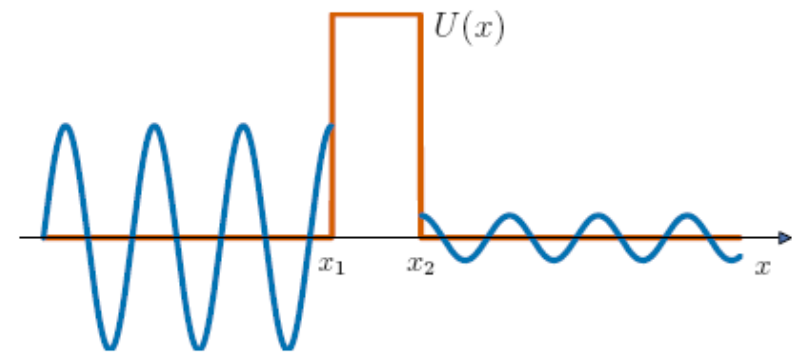


$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} |\psi\rangle = H|\psi\rangle,$$

Schrödinger Equation

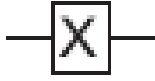

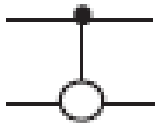
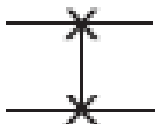
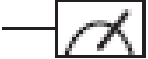
$$\frac{P_i |\psi\rangle}{\sqrt{\langle \psi | P_i | \psi \rangle}}$$

Measurement



Quantum tunneling through a potential barrier

Qubitlerin ve kuantum köprülerinin matriks olarak gösterimleri

qubit states	$\begin{cases} 0\rangle \leftarrow \\ 1\rangle \leftarrow \end{cases}$	$\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$
X		$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$
Hadamard		$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
XOR		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
SWAP		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
Measurement		

- Klasik bit 2'li basamakta 0 ve 1 olarak gösterilebilir.
- Qubitler ise 2'li basamakta 0 ve 1 değerlerinin süperpozisyonu olarak bulunur
- Qubitler 2 boyutlu ve birbirine dik iki taban vektörü $|1\rangle$ ve $|0\rangle$ olan durum uzayında gösterilir.
- Bu iki taban vektörün lineer süperpozisyonu olarak gösterilir.

$$|q\rangle = a_0 |0\rangle + a_1 |1\rangle$$
- Burada a_0 kompleks bir sayı ve $|0\rangle$ in ölçülme genliğini, a_1 ise yine kompleks bir sayı ve $|1\rangle$ in ölçülme genliğini gösterir.

- Genlikler kuantum olasılıkları olarak düşünülebilir. Bir ölçme yapıldığında ilgili kuantum durumunun olasılığının hesaplanması için kullanılır.
- Klasik olasılık ile bu genlikler arasındaki en temel fark: genlikler kompleks sayılardır.
 - Kompleks sayılar durum vektörlerinin süperpozisyonu, girişim ve dolaşıklık tanımlanması için kullanılır.
 - Klasik bir sistemde olasılıkların toplamının 1 olması gerektiği gibi, genliklerin mutlak değerinin kareleri toplamı da 1 olmalıdır.

- Kuantum register içindeki her qubit $|1\rangle$ ve $|0\rangle$ in süperpozisyonu olarak bulunur.
- Sonuç olarak, n qubitlik bir register n bitin 2^n kombinasyonunun süperpozisyonu olarak bulunur.
- Uzunluğu n olan bir kuantum registeri durum uzayında 2^n taban vektörünün süperpozisyonu olarak bulunur.

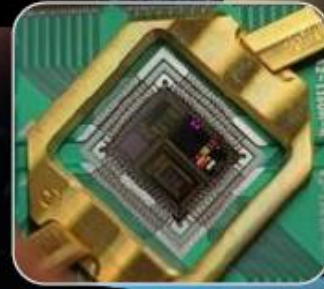
$$|q_n\rangle = \sum_{i=0}^{2^n-1} a_i |i\rangle$$

- Örneğin 3-qubitlik bir registerin durum vektörü aşağıdaki gibi olacaktır.

$$|q_2\rangle = a_0 |000\rangle + a_1 |001\rangle + a_2 |010\rangle + a_3 |011\rangle + a_4 |100\rangle + a_5 |101\rangle + a_6 |110\rangle + a_7 |111\rangle$$

What is a Quantum Computer?

- Exploits quantum mechanical effects
- Built with “qubits” rather than “bits”
- Operates in an extreme environment
- Enables quantum algorithms to solve very hard problems

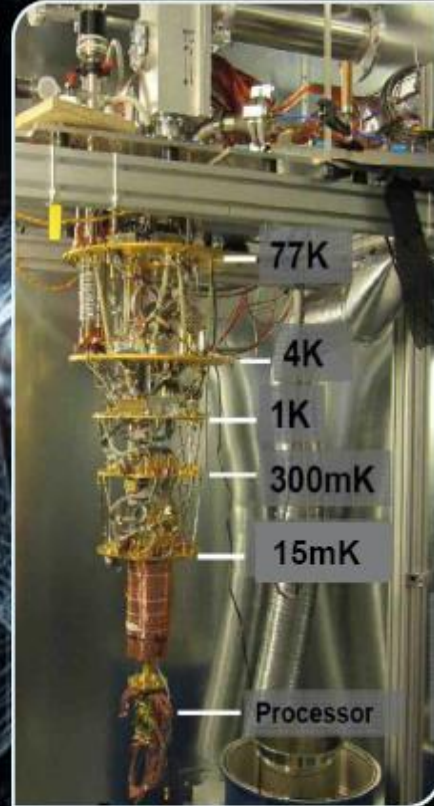


Quantum Processor

- Kuantum bilgisayar kuantum mekaniksel etkileri kullanır.
- Özel koşullarda korunur
- Kuantum algoritmaları kullanarak problemleri çözer

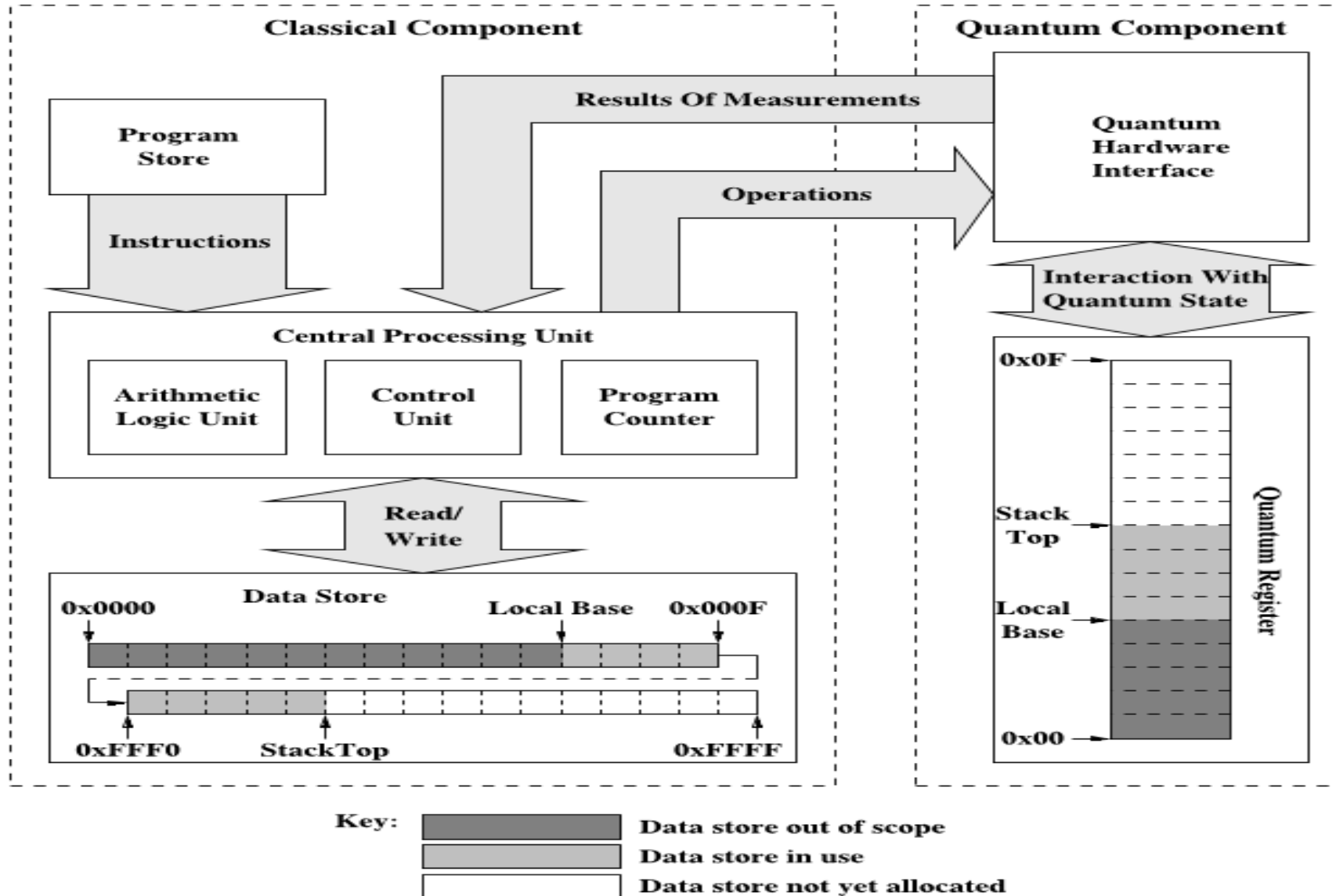
Processor Environment

- Cooled to 0.015 Kelvin, 175x colder than interstellar space
- Shielded to 50,000 \times less than Earth's magnetic field
- In a high vacuum: pressure is 10 billion times lower than atmospheric pressure
- On low vibration floor
- <25 kW total power consumption – for the next few generations

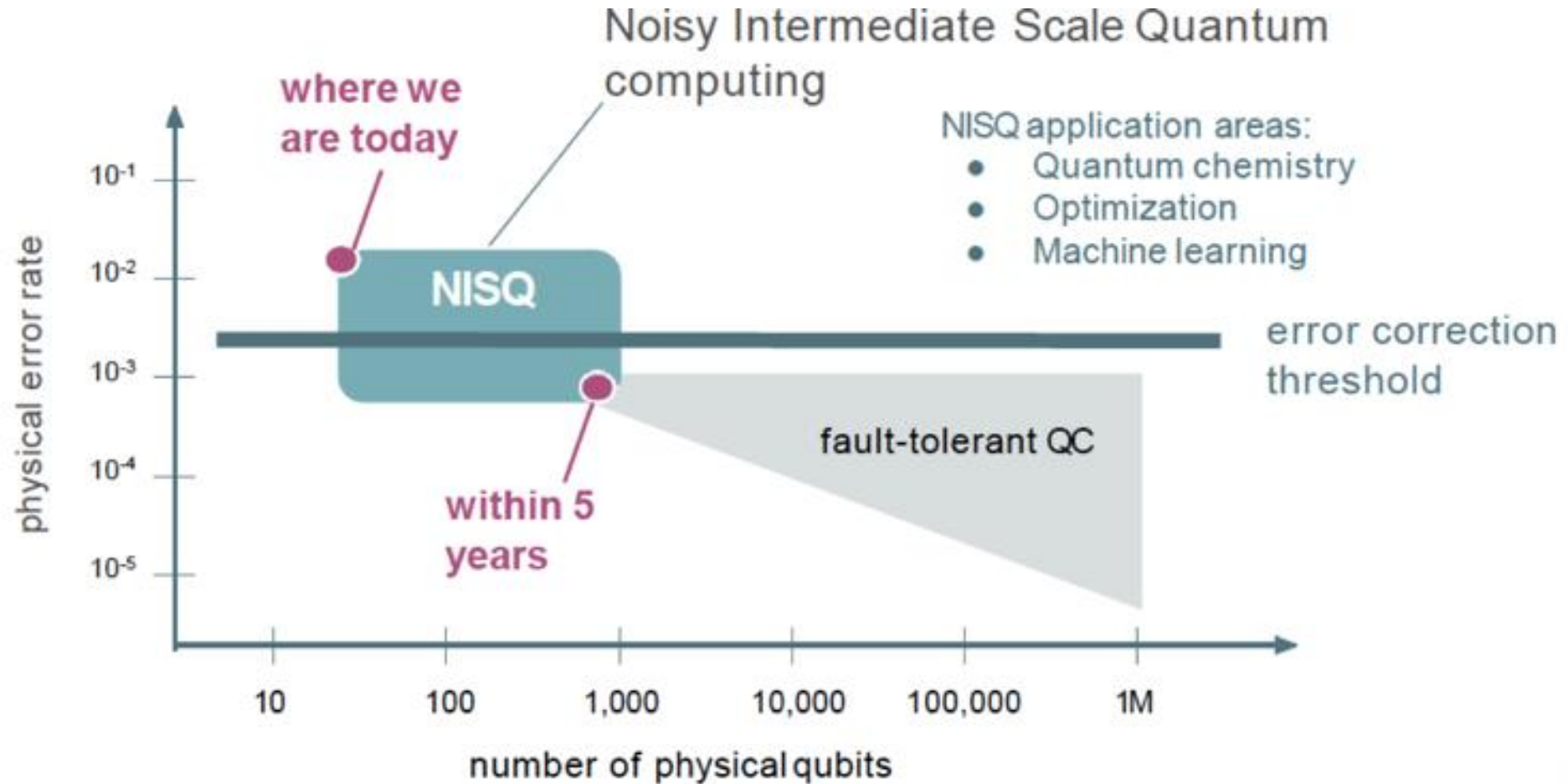


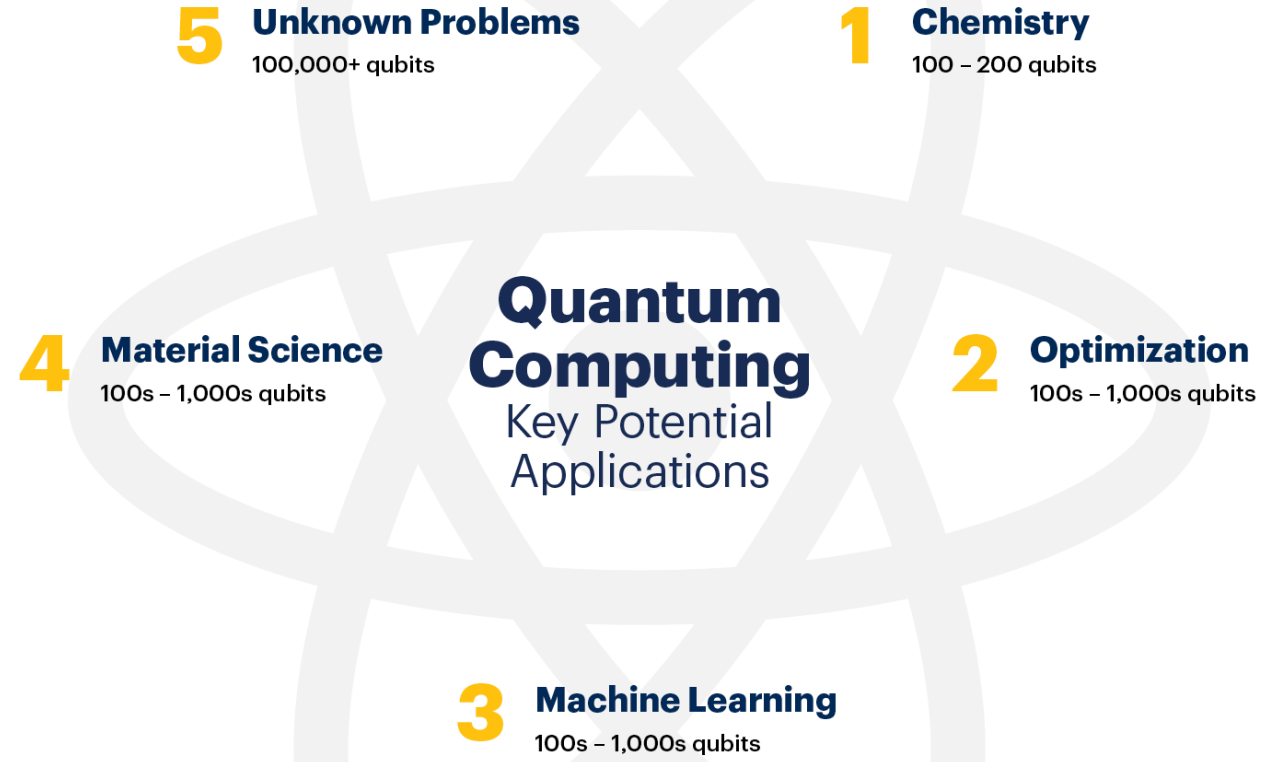
- 0.015 Kelvine kadar soğuk bir ortam.
- Dünyanın manyetik alanında korunmak için ekranlama.
- Vakum ortamı.
- Sarsıntısız ortam.

Klasik ve Kuantum Bilgisayar



Kuantum Hesaplama Hata Oranı ve Gelecek Tahmini





gartner.com/SmarterWithGartner

Source: "Nature," Wikipedia
© 2019 Gartner, Inc. All rights reserved.



Class	Problem/Algorithm	Paradigms used	Hardware	Simulation Match
Inverse Function Computation	Grover's Algorithm	GO	QX4	med
	Bernstein-Vazirani	n.a.	QX4, QX5	high
Number-theoretic Applications	Shor's Factoring Algorithm	QFT	QX4	med
Algebraic Applications	Linear Systems	HHL	QX4	low
	Matrix Element Group Representations	QFT	QX4	low
	Matrix Product Verification	GO	QX4	high
	Subgroup Isomorphism	QFT	none	n.a.
	Persistent Homology	GO, QFT	QX4	med-low
Graph Applications	Graph Properties Verification	GO	QX4	med
	Minimum Spanning Tree	GO	QX4	med-low
	Maximum Flow	GO	QX4	med-low
	Approximate Quantum Algorithms	SIM	QX4	high
Learning Applications	Quantum Principal Component Analysis (PCA)	QFT	QX4	med
	Quantum Support Vector Machines (SVM)	QFT	none	n.a.
	Partition Function	QFT	QX4	med-low
Quantum Simulation	Schroedinger Equation Simulation	SIM	QX4	low
	Transverse Ising Model Simulation	VQE	none	n.a.
Quantum Utilities	State Preparation	n.a.	QX4	med
	Quantum Tomography	n.a.	QX4	med
	Quantum Error Correction	n.a.	QX4	med

Grover Operator (GO), Quantum Fourier Transform (QFT), Harrow/Hassidim/Lloyd (HHL), Variational Quantum Eigenvalue solver (VQE), and direct Hamiltonian simulation (SIM)

Quantum Algorithm Zoo : quantumalgorithmzoo.org

Quantum Algorithm Zoo

This is a comprehensive catalog of quantum algorithms. If you notice any errors or omissions, please email me at stephen.jordan@microsoft.com. Your help is appreciated and will be [acknowledged](#).

Algebraic and Number Theoretic Algorithms

Algorithm: Factoring

Speedup: Superpolynomial

Description: Given an n -bit integer, find the prime factorization. The quantum algorithm of Peter Shor solves this in $\tilde{O}(n^3)$ time [82, 125]. The fastest known classical algorithm for integer factorization is the general number field sieve, which is believed to run in time $2^{\tilde{O}(n^{1/3})}$. The best rigorously proven upper bound on the classical complexity of factoring is $O(2^{n/4+o(1)})$ via the Pollard-Strassen algorithm [252, 362]. Shor's factoring algorithm breaks RSA public-key encryption and the closely related quantum algorithms for discrete logarithms break the DSA and ECDSA digital signature schemes and the Diffie-Hellman key-exchange protocol. A quantum algorithm even faster than Shor's for the special case of factoring "semiprimes", which are widely used in cryptography, is given in [271]. If small factors exist, Shor's algorithm can be beaten by a quantum algorithm using Grover search to speed up the elliptic curve factorization method [366]. Additional optimized versions of Shor's algorithm are given in [384, 386]. There are proposed classical public-key cryptosystems not believed to be broken by quantum algorithms, cf. [248]. At the core of Shor's factoring algorithm is order finding, which can be reduced to the [Abelian hidden subgroup problem](#), which is solved using the quantum Fourier transform. A number of other problems are known to reduce to integer factorization including the membership problem for matrix groups over fields of odd order [253], and certain diophantine problems relevant to the synthesis of quantum circuits [254].

Algorithm: Discrete log

Navigation

[Algebraic & Number Theoretic](#)

[Oracular](#)

[Approximation and Simulation](#)

[Acknowledgments](#)

[References](#)

Translations

The quantum algorithm zoo has been translated into:

[Japanese](#)

[Chinese](#)

Other Surveys

For overviews of quantum algorithms recommend:

[Nielsen and Chuang](#)

[Childs](#)

[Preskill](#)

[Mosca](#)

GROVER ALGORİTMASI

Grover algoritması rastgele dizilmiş N öğeden arananı öğeyi $\frac{1}{2}$ den yüksek olasılıkla $O(\sqrt{N})$ işlemle bulunmasını sağlar. Klasik bilgisayarlar için bu işlem adedi $O(N)$ dir. Bu nedenle, Grover algoritması en optimal klasik algoritmaya göre iki kat hızlanma sağlar.

SHOR'UN ASAL ÇARPANLARI BULMA ALGORİTMASI

Sayıların asal çarpanlarını bulmak için kullanılabilecek bu kuantum algoritmasının karmaşıklığı n-polinomdur. Bu algoritma, yaratıcısı Peter Shor nedeniyle Shor algoritması olarak bilinir. Algoritmanın karmaşıklığı $O(n^3 \log n)$. İlk uygulaması 2001 yılında yapıldı. 15 sayısının asal çarpanları bulundu. Şu ana kadar çarpanlarına ayrılan en yüksek sayı 21 dir. Bugüne kadar bir kuantum bilgisayar tarafından çarpanlarına ayrılan en büyük sayı 4088459. Kullanılan bilgisayar 5 q-bitlik IBM işlemcidir.

Eğer N bitlik bir sayı düşünülürse, bilinen en etkin klasik algoritmanın karmaşıklığı $O(\exp(3\sqrt{\frac{64}{9}n(\log n)^2}))$ dir.

Pratikte 1000 ve üzeri bitlik tam sayıları asal çarpanlarına ayırmak bilinen klasik algoritmalarla mümkün değildir. Bu zorluk nedeniyle büyük sayıları çarpanlarına ayırma RSA kriptosistemlerinin temelini oluşturur.

Kuantum Hesaplama Ekosistemi

Enabling Technologies

Applications and Consulting

Optimization and ML

Chemicals, Materials, and Biotech

Cyber Security and Networks

Consulting

Hardware and Software

Universal Superconducting

Other Universal

Annealing

•***Kuantum Üstünlük:***

•Herhangi bir problemin klasik çözüme göre kuantum bilgisayar ile daha hızlı ve daha etkin olarak çözüldüğünün matematiksel olarak ispatlanması ve gerçek bir kuantum bilgisayarda çalıştığının gösterilmesi.

•***Zayıf Kuantum Üstünlük:***

•Herhangi bir problemin klasik çözüme göre kuantum bilgisayar ile daha hızlı, ucuz ve etkin şekilde çözülmesi.

•***Kuantum Avantaj:***

•Kuantum bilgisayarın değerli bir problemi klasik çözüme göre daha hızlı, ucuz ve etkin şekilde çözmesi.

•***Güçlü Kuantum Avantaj:***

•Değerli bir problem için kuantum algoritmasının daha avantajlı olduğunun gösterilmesi.

Quantum Computing Programming Languages

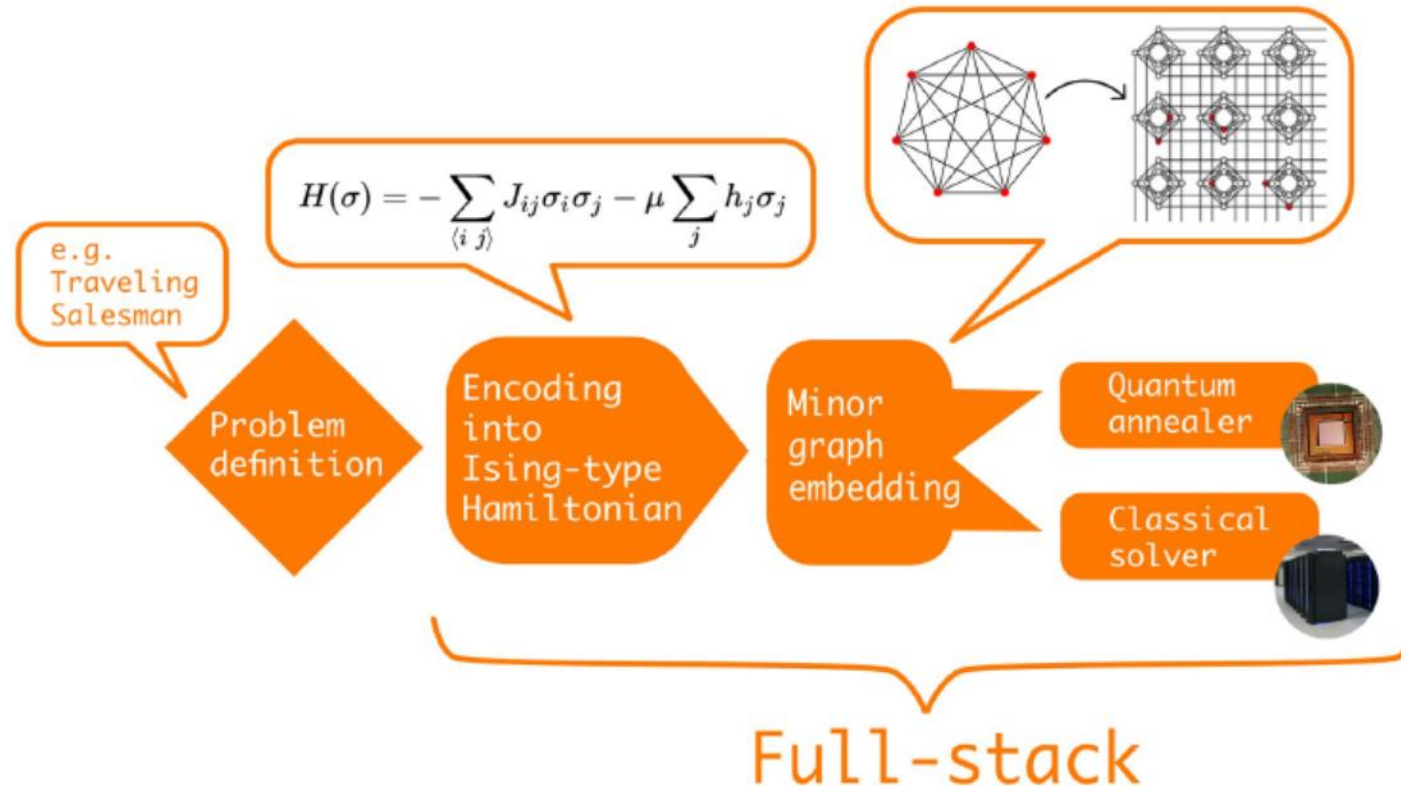


* Hardware under development. Quantum programs are run on their own simulators.

"Quantum Language" is referred with no distinction both as a quantum equivalence of a programming language and as a library to write quantum programs supported by some well-known classical programming language.

Kuantum Algoritmasının Kuantum Annealer Üzerindeki Akış Diyagramı

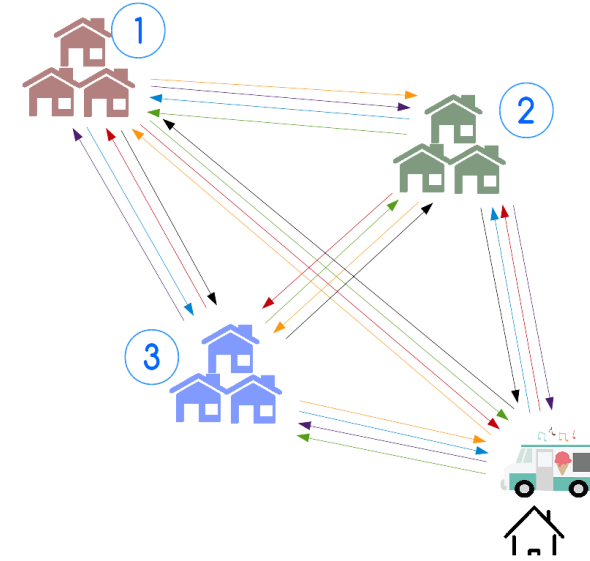
First, the problem is defined at a high level and is then encoded into an Ising-type Hamiltonian which can be visualized as a graph. Next, via minor graph embedding the problem Hamiltonian needs to be embedded into the quantum hardware graph. Finally, either a quantum annealer or a classical solver is used to sample low-energy states corresponding to (near-)optimal solutions to the original problem.



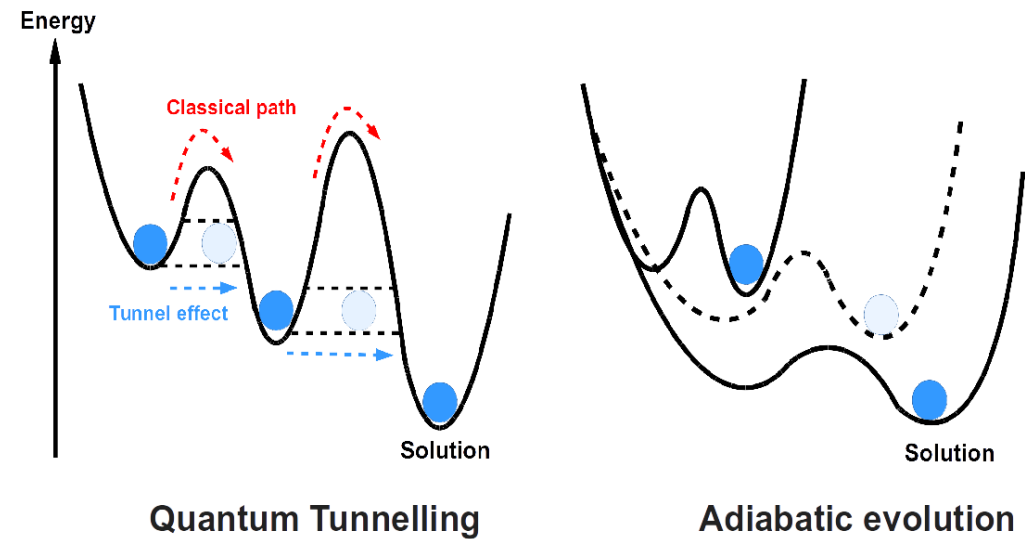
Kuantum Güçlendirici (Annealer)

$$H = S_1 S_2 + S_2 S_3 + S_3 S_4 + \dots$$

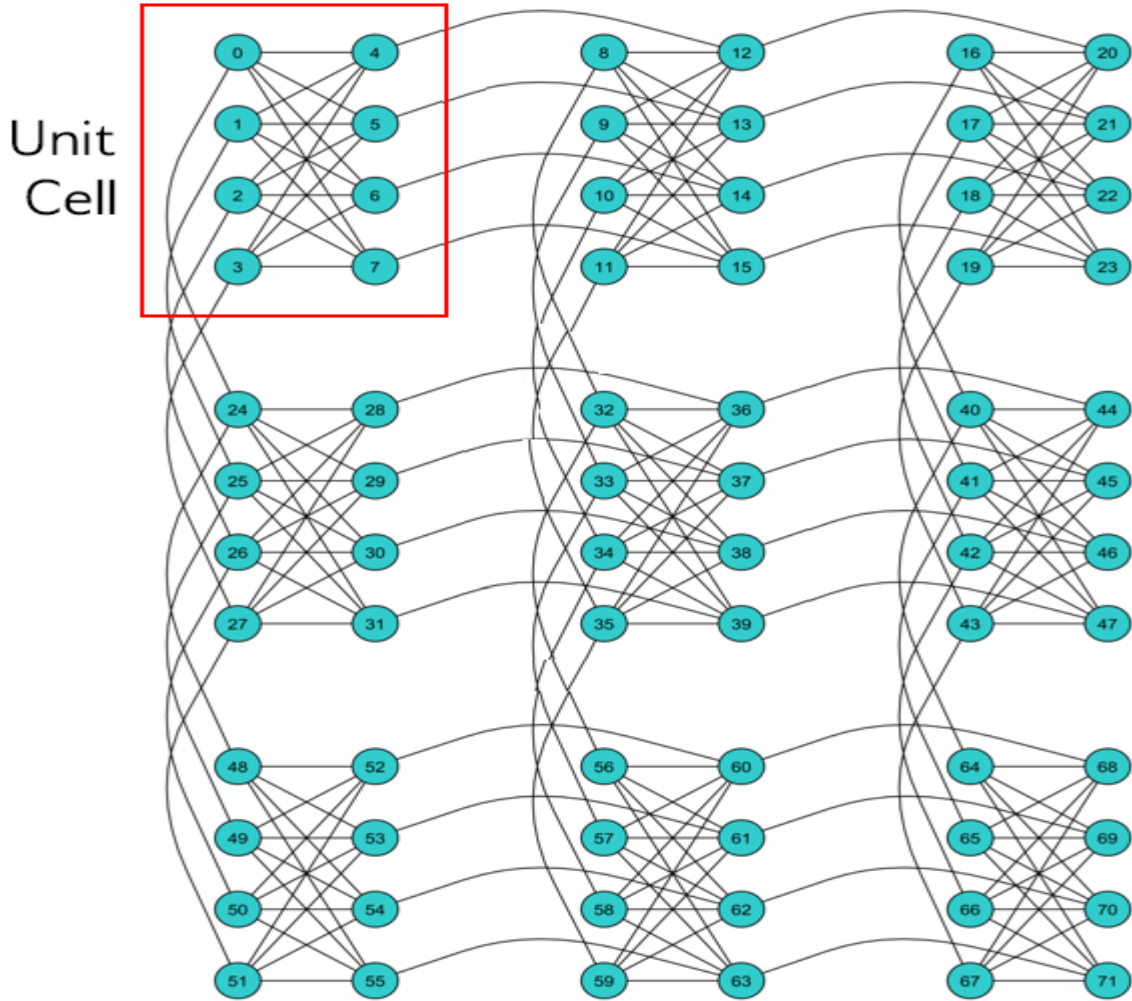
$$H = (1 - s)H_0 + sH_1$$



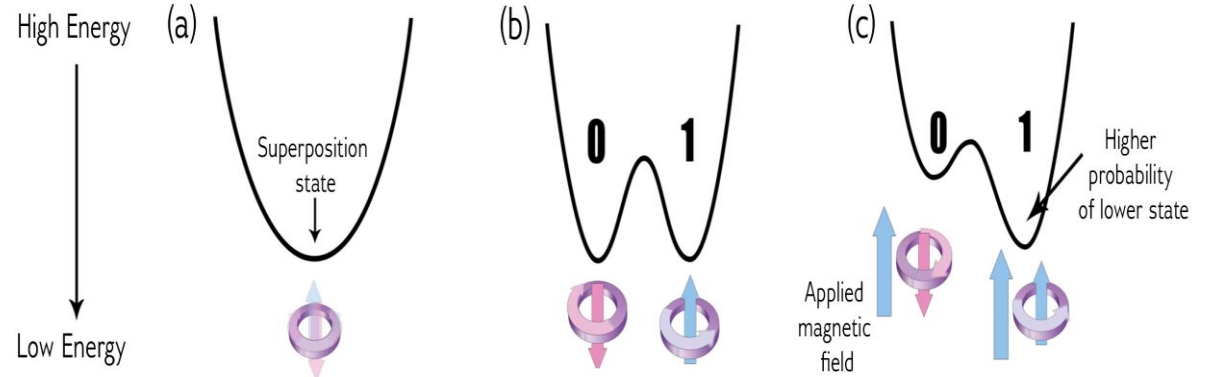
- Kısıtlar için QUBO kullanılır
- Daha sonra QUBO çizgeye dönüştürülür



D-Wave QPU Mimarisi: Chimera



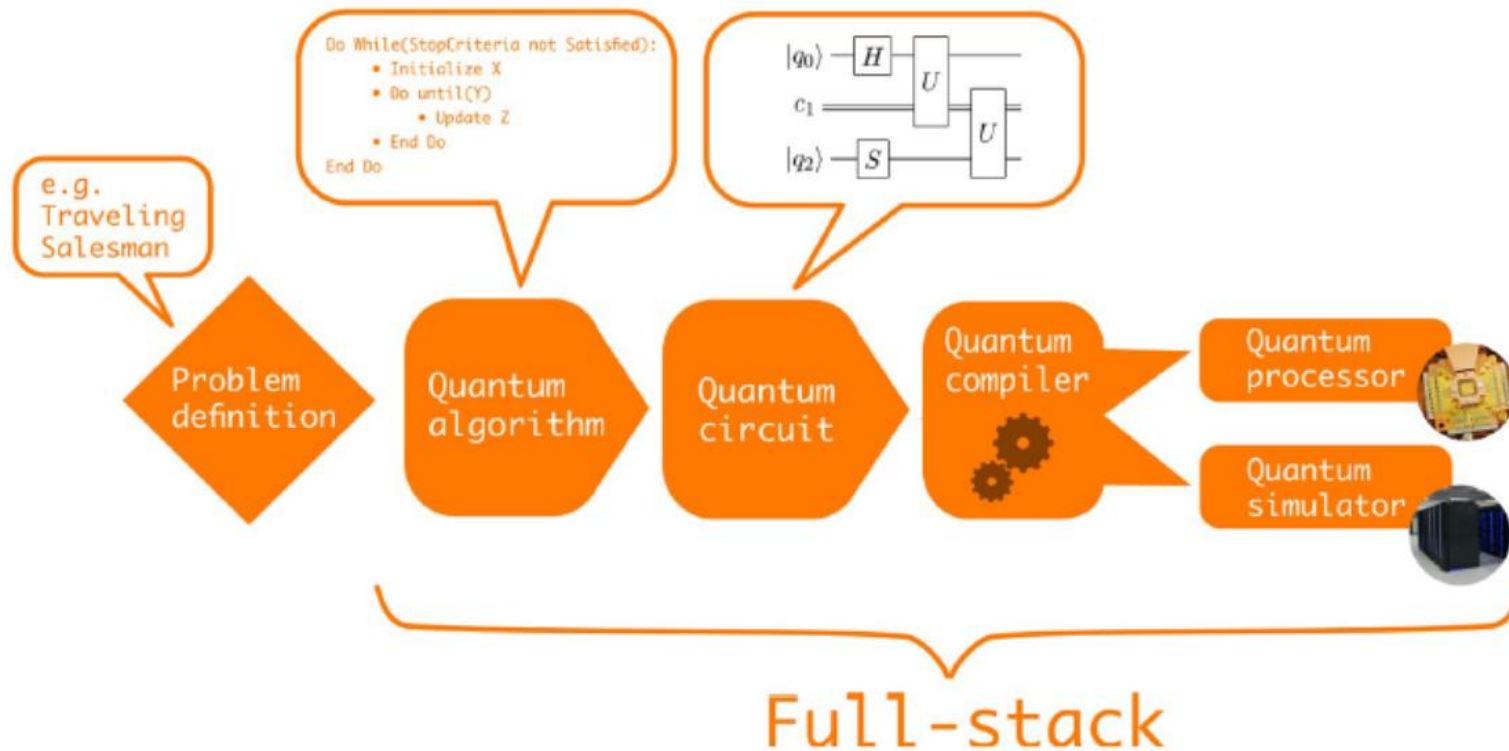
Çapraz bağlanmalı qubit ağı



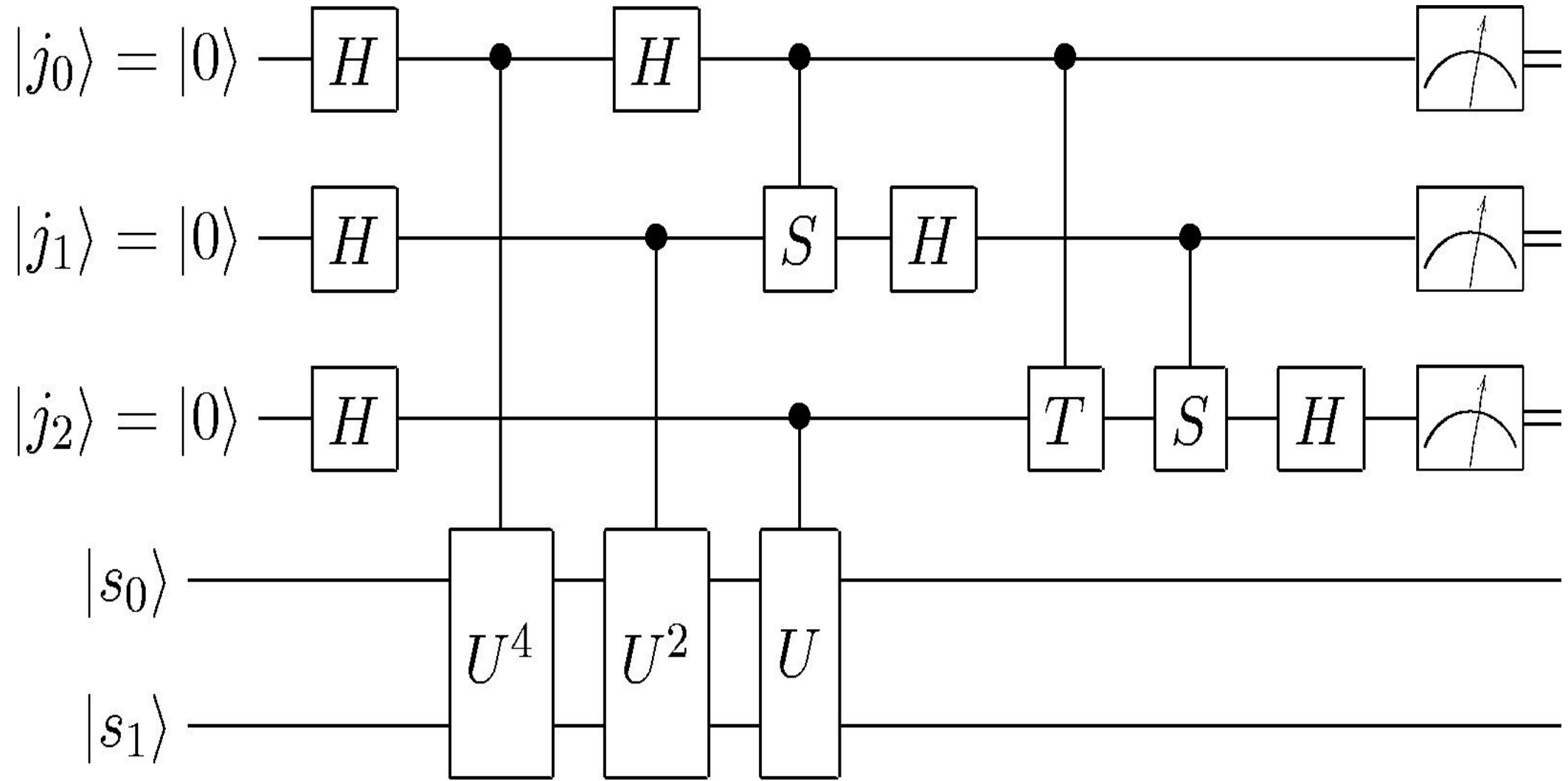
$$\mathcal{H}_{ising} = \underbrace{-\frac{A(s)}{2} \left(\sum_i \hat{\sigma}_x^{(i)} \right)}_{\text{Initial Hamiltonian}} + \underbrace{\frac{B(s)}{2} \left(\sum_i h_i \hat{\sigma}_z^{(i)} + \sum_{i>j} J_{i,j} \hat{\sigma}_z^{(i)} \hat{\sigma}_z^{(j)} \right)}_{\text{Final Hamiltonian}}$$

Kuantum Algoritmasının Gate-Model Kuantum Bilgisayar Üzerindeki Akış Diyagramı

First, the problem is defined at a high-level and based on the nature of the problem a suitable quantum algorithm is chosen. Next, the quantum algorithm is expressed as a quantum circuit which in turn needs to be compiled to a specific quantum gate set. Finally, the quantum circuit is either executed on a quantum processor or simulated with a quantum computer simulator.



Kuantum Gate Model

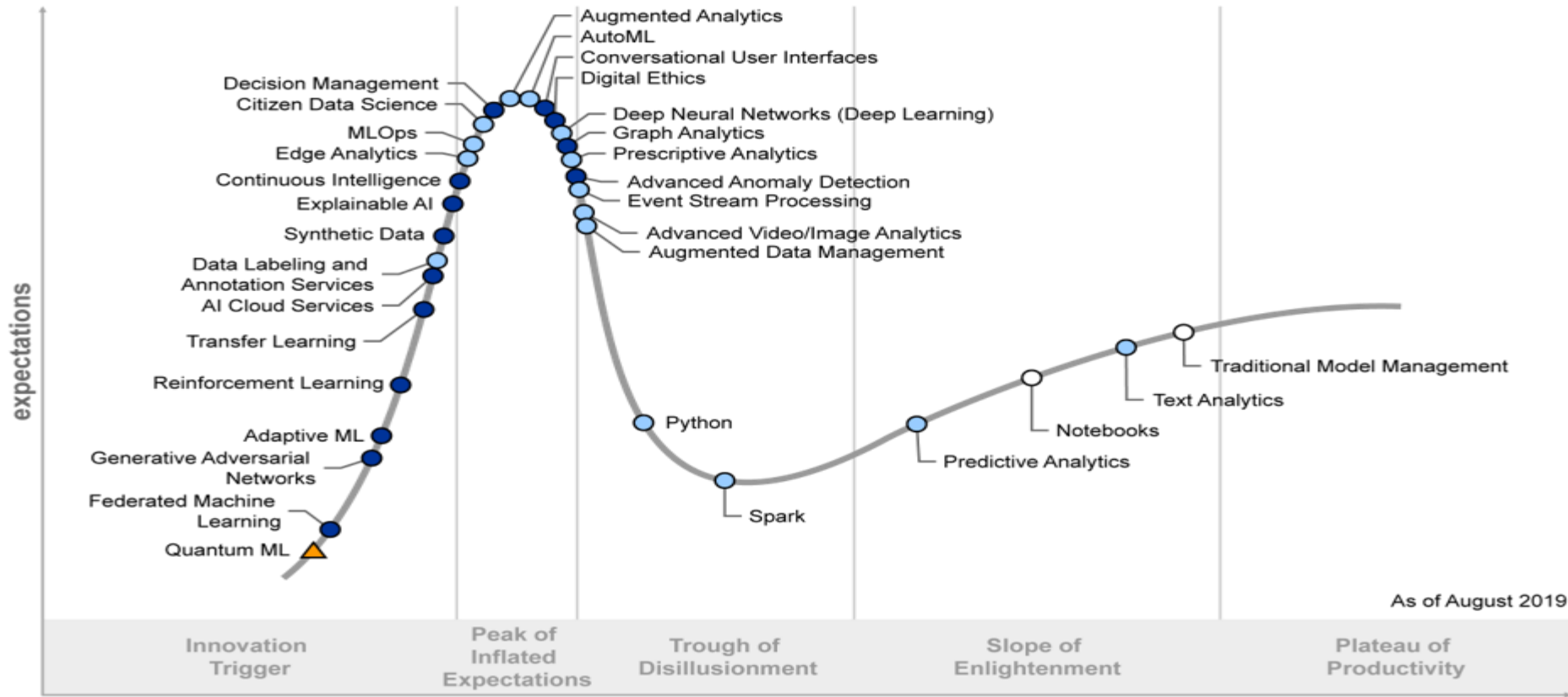


Kuantum Makine Öğrenmesi

- **Klasik Hesaplama Problemi:** Klasik olarak hesaplanamayan ne gibi problemleri kuantum bilgisayar olarak çözebiliriz?
- **Yenilik:** Yeni algoritmalar?
- **Hesaplama Karmaşıklığı :** Klasik hesaplamaya göre ne gibi hızlı hesaplama çözümleri bulunabilir?

Veri Bilimi ve Makine Öğrenmesi Hype Cycle

Hype Cycle for Data Science and Machine Learning, 2019



As of August 2019

Plateau will be reached:

- less than 2 years
- 2 to 5 years
- 5 to 10 years
- ▲ more than 10 years
- ⊗ obsolete before plateau

Kuantum Makine Öğrenmesi

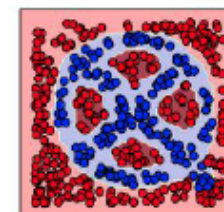
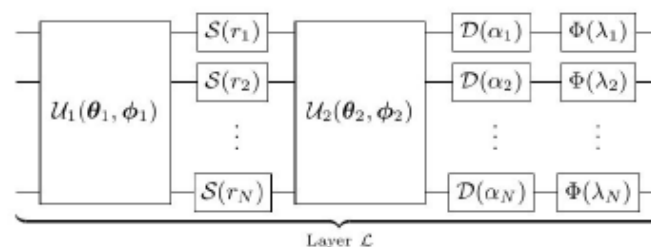
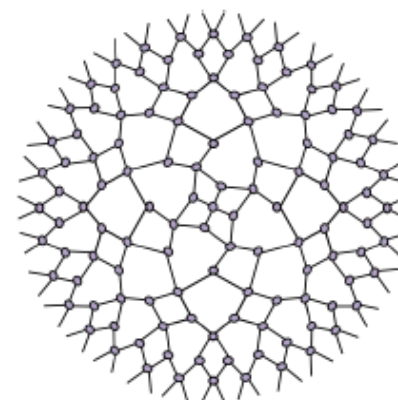
Example: Linear systems of equations

- Wide range of applications → exponential speedups for:
 - Quantum Support Vector Machines
 - Quantum Principal Component Analysis
 - Quantum Generative Adversarial Networks
- Caveats:
 - (i) classical data must be uploaded efficiently
 - (ii) output is a quantum state that can only be measured to reveal information

Kuantum Makine Öğrenmesi

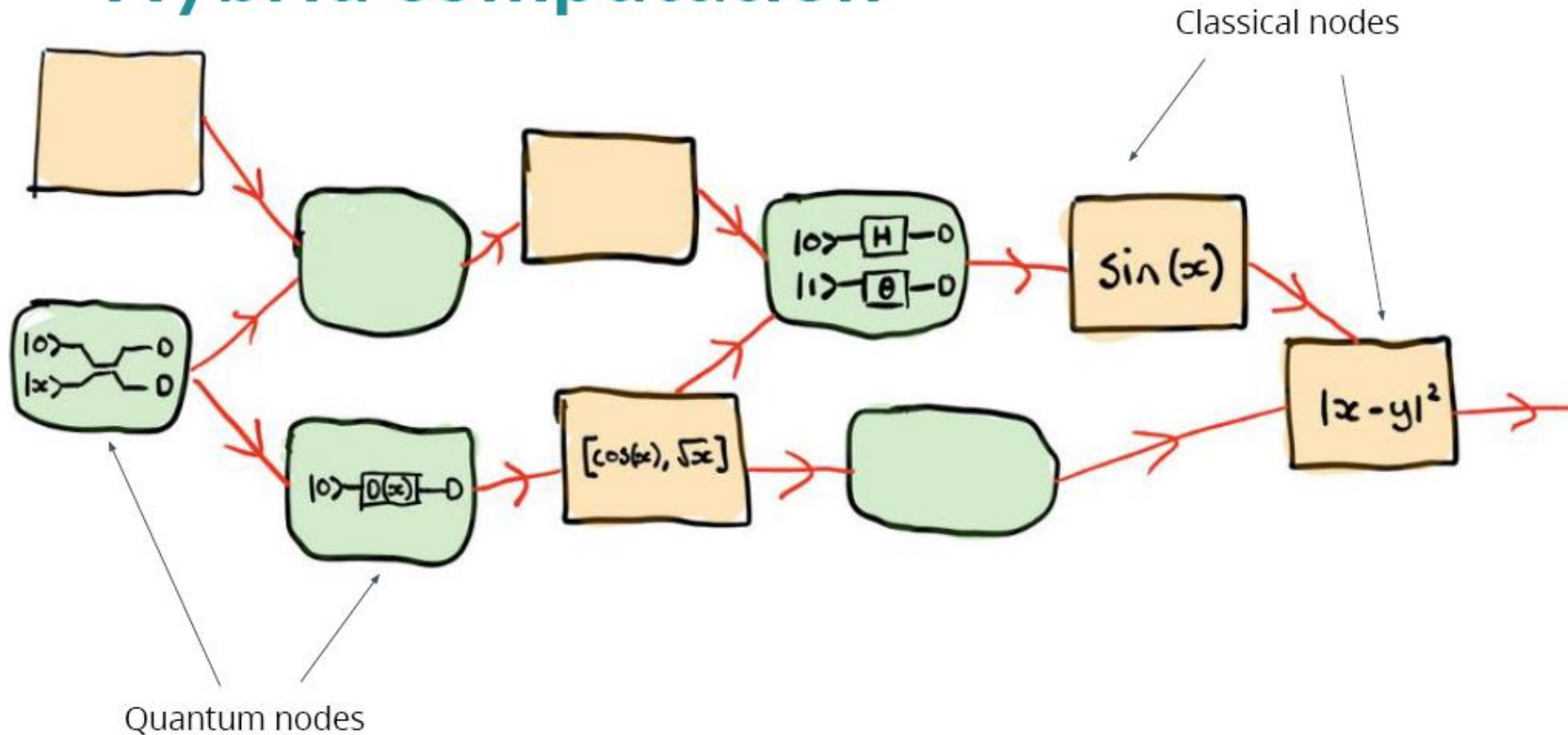
New AI models

- Quantum computing can also lead to new machine learning models
- Examples currently being studied are:
 - Kernel methods
 - Boltzmann machines
 - Variational circuits
 - Tensor networks



Kuantum Yapay Sinir Ağları

Hybrid computation

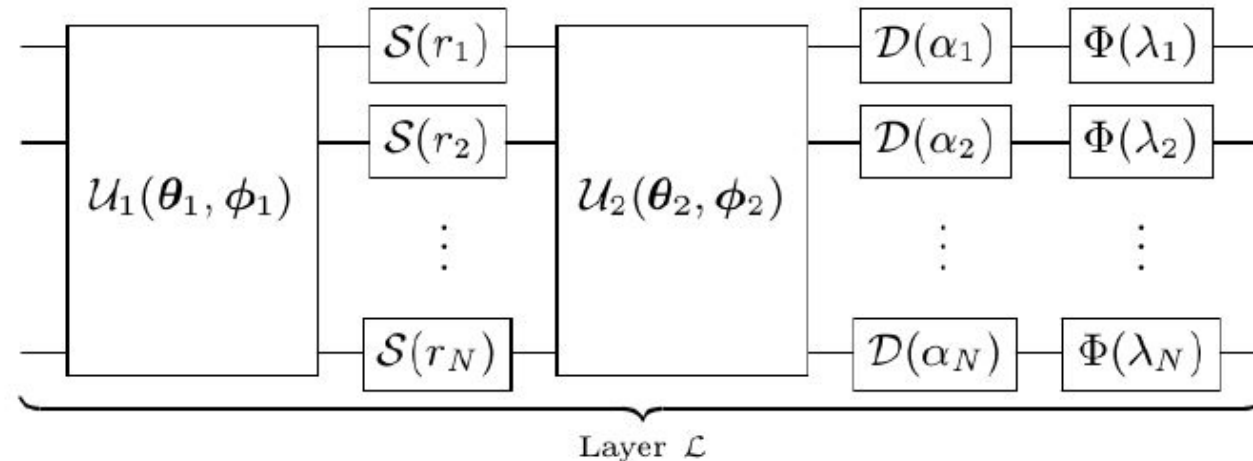


Kuantum Yapay Sinir Ağları

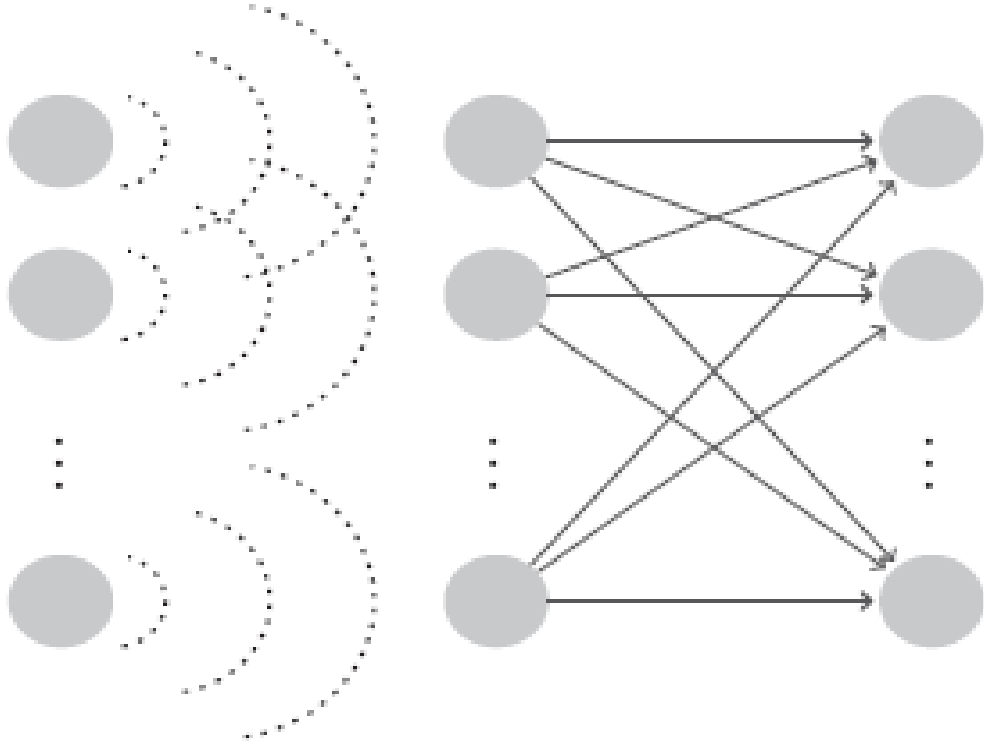
Embedding classical NNs

- Putting it all together we get

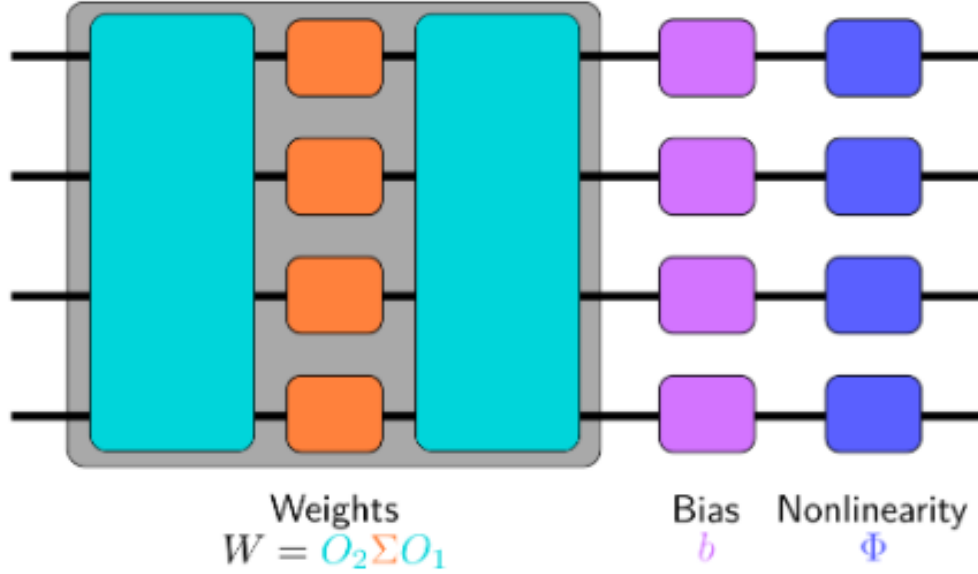
$$\Phi \circ \mathcal{D} \circ \mathcal{U}_2 \circ \mathcal{S} \circ \mathcal{U}_1 |\vec{x}\rangle \propto |\varphi(W\vec{x} + \vec{b})\rangle$$



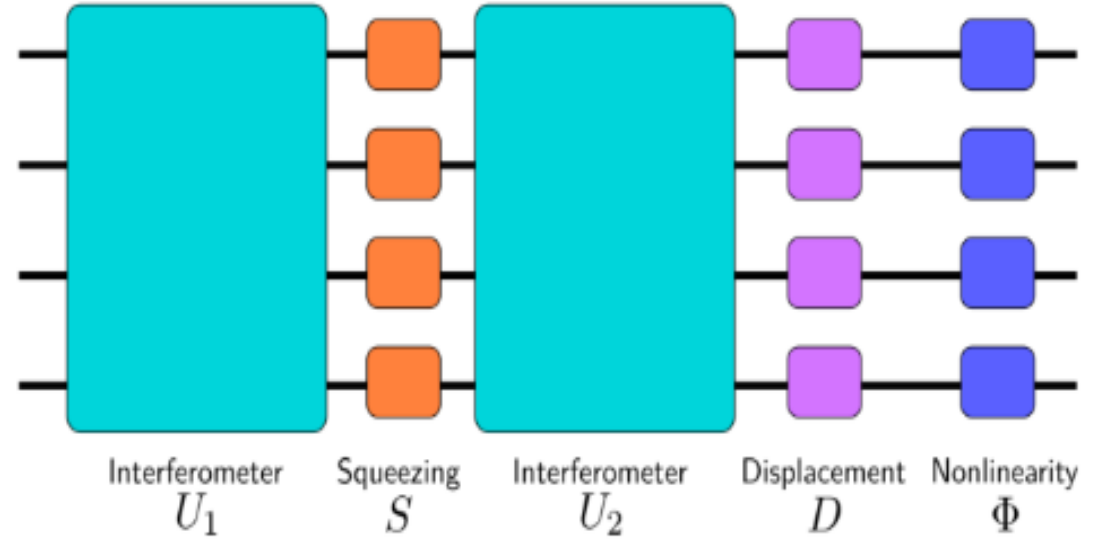
Ağın yapısı klasik versiyonunun kuantum bileşenlerin karşımı şeklindedir. Giriş üniteleri kuantum parçacıkların girebileceği aralıklarla değiştirilmiştir. Parçacıklar evrilerek ölçüm cihazı üzerinde girişim ağları oluştururlar. Bu giriş ağı klasik ağlardaki ağırlıklar yerine geçerler. Grover algoritması ile girişim ağı düzenlenir.



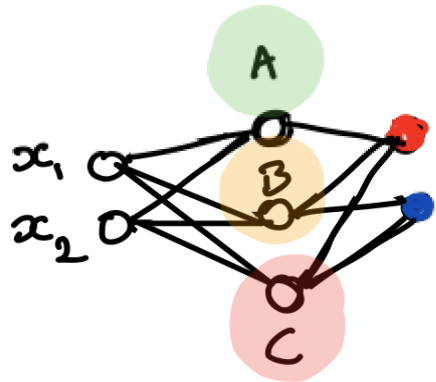
Örnek olarak Feed Forward kuantum sinir ağında, kuantum ve klasik bileşenler ortak kullanılır. Birinci ve ikinci katman arasındaki bağlantılar girişim ile değiştirilmiştir. Fakat ikinci ve üçüncü katman arasında ki bağlantılar klasik bağlantı olarak kalmıştır.



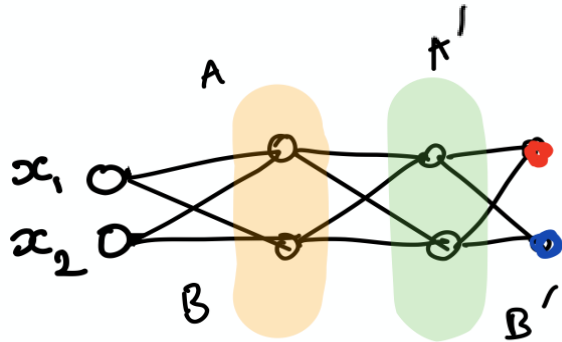
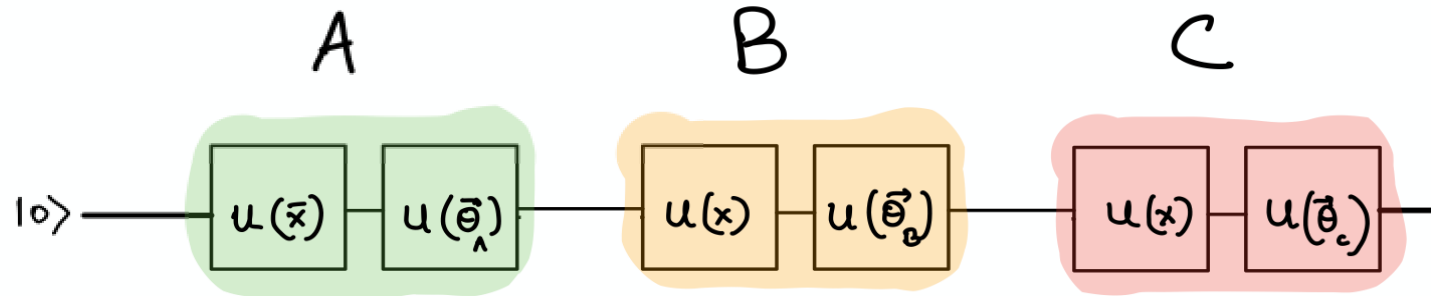
Klasik sinir ağının, $x \rightarrow \Phi(Wx+b)$ dönüşümünü yapan basit bir katmanlı örneği. SVD yi kullanarak W matrisi bir birine dik iki matris O_1 , O_2 ve diyagonal matris Σ olarak yazılabilir.



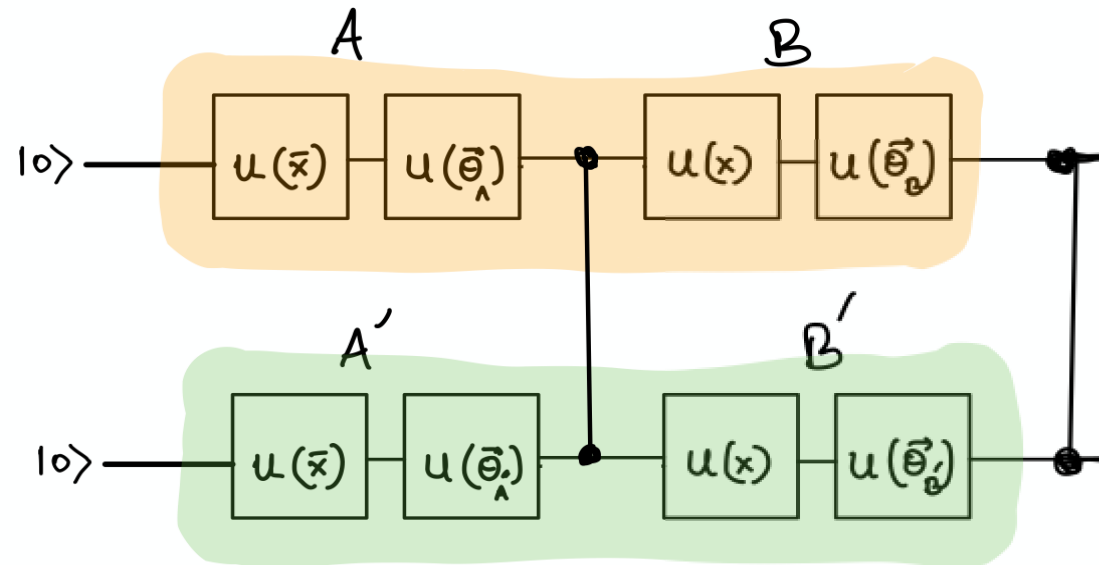
QML Demo - Çok Katmanlı YS Sınıflandırıcı



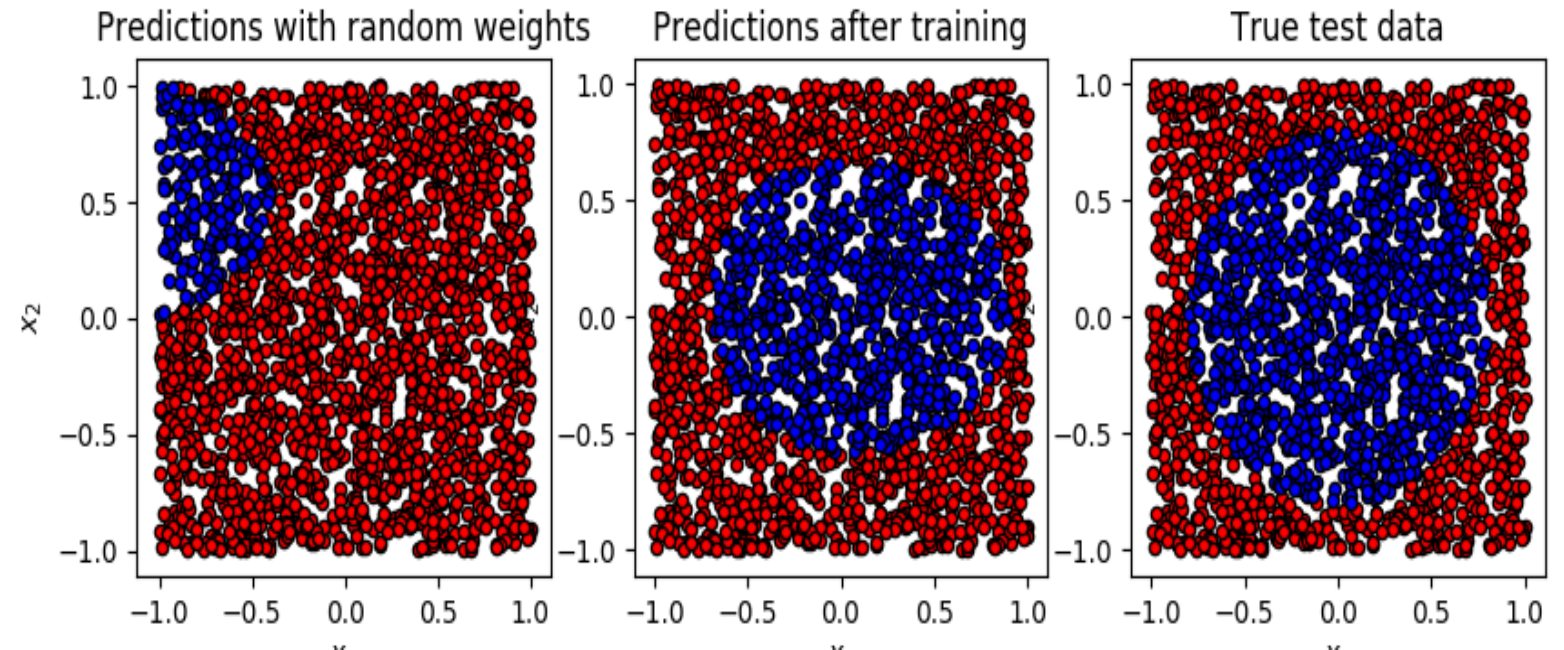
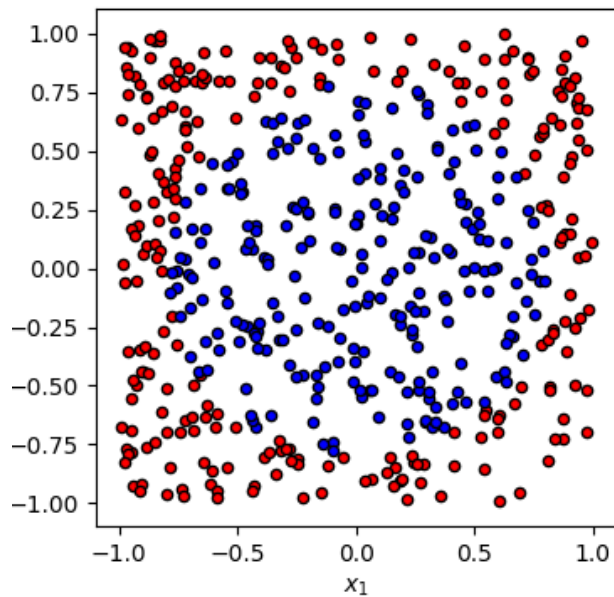
\equiv



\equiv



QML Demo - Çok Katmanlı YS Sınıflandırıcı



Kuantum Makine Öğrenmesi için genel yaklaşımlar

Table 1.1 The Characteristics of the Main Approaches to Quantum Machine Learning

Algorithm	Reference	Grover	Speedup	Quantum Data	Generalization Performance	Implementation
<i>K</i> -medians	Aïmeur et al. (2013)	Yes	Quadratic	No	No	No
Hierarchical clustering	Aïmeur et al. (2013)	Yes	Quadratic	No	No	No
<i>K</i> -means	Lloyd et al. (2013a)	Optional	Exponential	Yes	No	No
Principal components	Lloyd et al. (2013b)	No	Exponential	Yes	No	No
Associative memory	Ventura and Martinez (2000)	Yes		No	No	No
	Trugenberger (2001)	No		No	No	No
Neural networks	Narayanan and Menneer (2000)	Yes		No	Numerical	Yes
Support vector machines	Anguita et al. (2003)	Yes	Quadratic	No	Analytical	No
	Rebentrost et al. (2013)	No	Exponential	Yes	No	No
Nearest neighbors	Wiebe et al. (2014)	Yes	Quadratic	No	Numerical	No
Regression	Bisio et al. (2010)	No		Yes	No	No
Boosting	Neven et al. (2009)	No	Quadratic	No	Analytical	Yes

The column headed “Algorithm” lists the classical learning method. The column headed “Reference” lists the most important articles related to the quantum variant. The column headed “Grover” indicates whether the algorithm uses Grover’s search or an extension thereof. The column headed “Speedup” indicates how much faster the quantum variant is compared with the best known classical version. “Quantum data” refers to whether the input, output, or both are quantum states, as opposed to states prepared from classical vectors. The column headed “Generalization performance” states whether this quality of the learning algorithm was studied in the relevant articles. “Implementation” refers to attempts to develop a physical realization.

Optimizasyon

- Tedarik zinciri optimizasyonu
- Risk yönetimi
- Energy grid optimizasyonu
- Üretim optimizasyonu
- Otomatik sürüş
- Trafik ve yönlendirme
- Planlama ve lojistik
- Robotik
- Bilgisayar zaman planlama
- Sistem tasarımı

Makine Öğrenmesi

- Tıbbi tanı
- Kişisel tıp
- Müşteri modelleme
- Arıza tanı
- Anomali tesbiti
- Multimodal entegrasyon
- Genomics
- Image işleme
- Pekiştirmeli öğrenme

Kimyasal / Malzeme Simulasyonları

- Malzeme tasarımı
- Molekül benzerlik tesbiti
- Batarya tasarımı
- Tarım
- Protein folding
- DNA binding
- Enzim ve katalizör tasarımı
- İlaç tasarımı
- Yeşil teknolojiler

Uygulama Örnekleri

D-Wave sistemlerin 70'in üzerindeki prototip kullanımları içinde

•Genel olarak:

- Optimizasyon 50%
- AI/ML 20%
- Malzeme Bilimi 10%
- Diğer 20%

•Prototiplerin yaklaşık yarısı, performans anlamında klasik örneklerine yaklaşmış hatta belirli durumlarda daha iyi performans göstermiştir.

•Fakat hepsi küçük boyutlu projeler ve halen canlı ortamda kullanımda değildir.

•Pek çok makale, sunum, problem çözümü ve açık kaynak kod bulunmaktadır

Volkswagen (Germany/US)

Trafik akış optimizasyonu

Bateri simülasyonu

Akustik şekil optimizasyonu

•DENSO (Japan)

Trafik akış optimizasyonu

Üretim proses optimizasyonu

•Recruit Communications (Japan)

İnternet reklam optimizasyonu

Makine Öğrenmesi

•DLR (Germany)

Hava trafiği rota optimizasyonu

Havalimanı Kapı Planlama

QxBranch(US/Australia)

Genel seçimler için Makine Öğrenmesi

•Tohoku University (Japan)

Tsunami tahliye modelleme

•STFC/Ocado (UK)

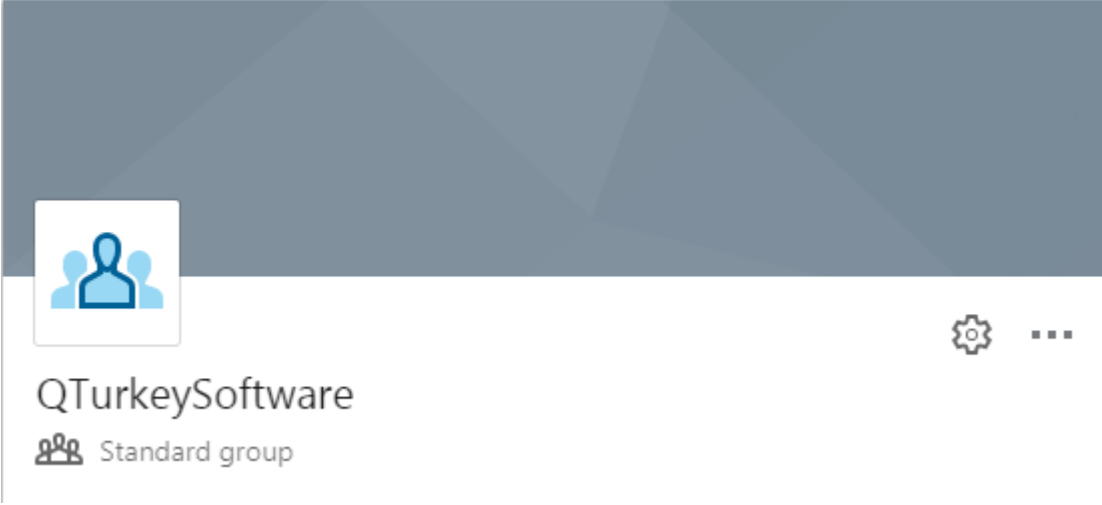
Depo robotu optimizasyonu

•OTI (Canada)

Malzeme bilimi

•Nomura Securities (Japan)

Finansal portfolyo optimizasyonu



<https://www.qturkey.org/>
Kuantum Teknolojileri Türkiye @KuantumTurkiye

Zeki Seskir - ODTÜ

Özlem Salehi Köken- Özyeğin University

WORKSHOP ON INTRODUCTION TO QUANTUM PROGRAMMING

8-9-10 Nov 2019

 Konya Science Center
Konya Bilim Merkezi

Three-day workshop on programming quantum computers for undergraduate and graduate level students who are already experienced in programming



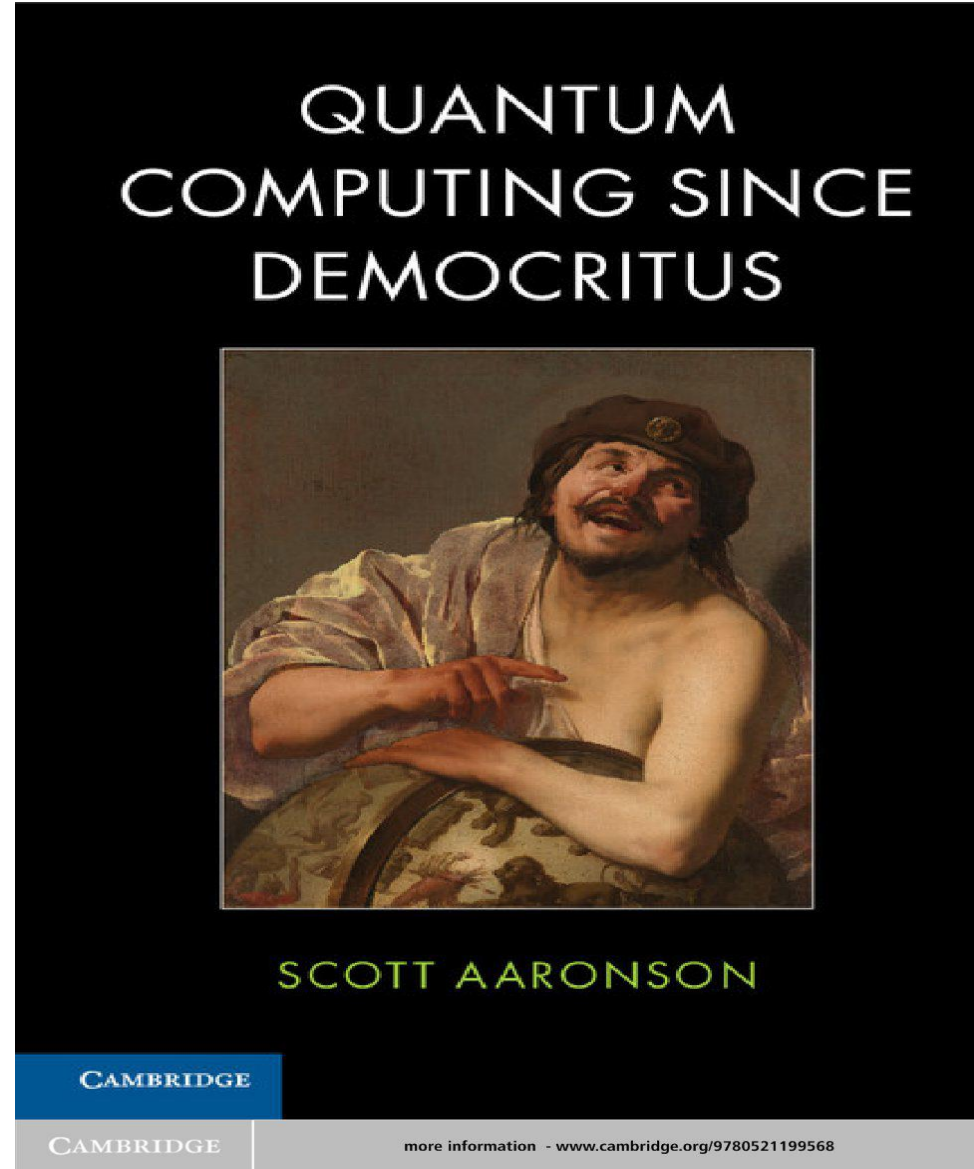
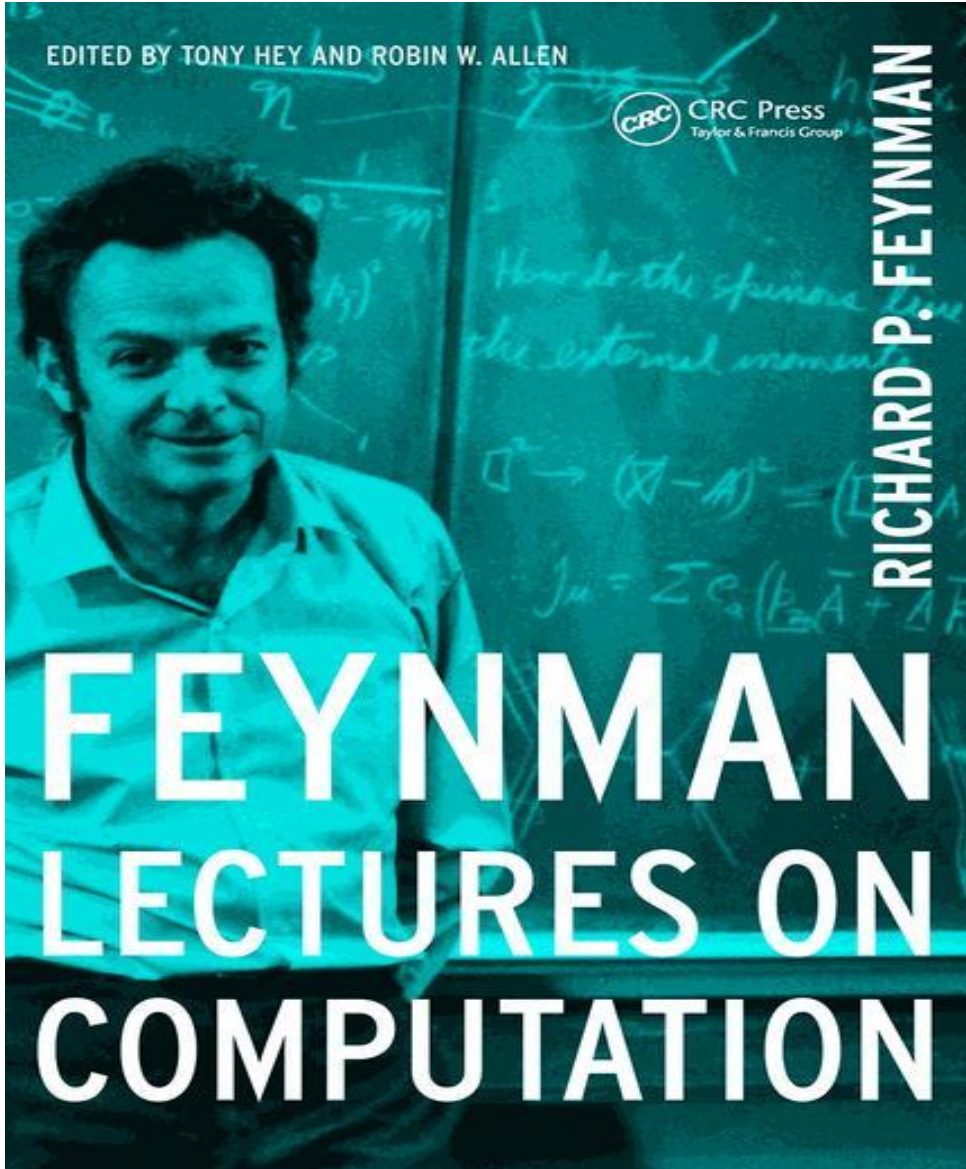
Places are limited.
For more information:
https://ej.uz/qukbm_info



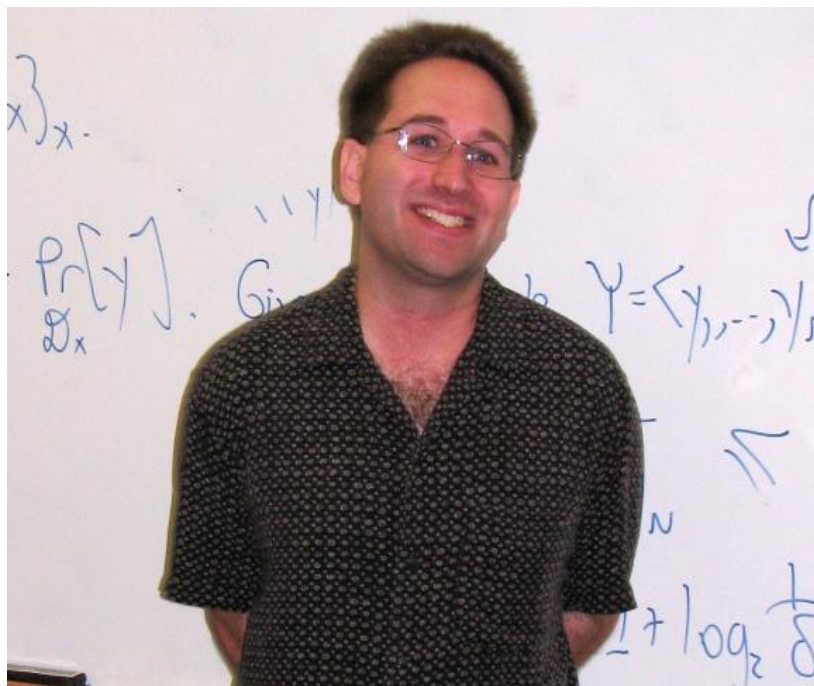
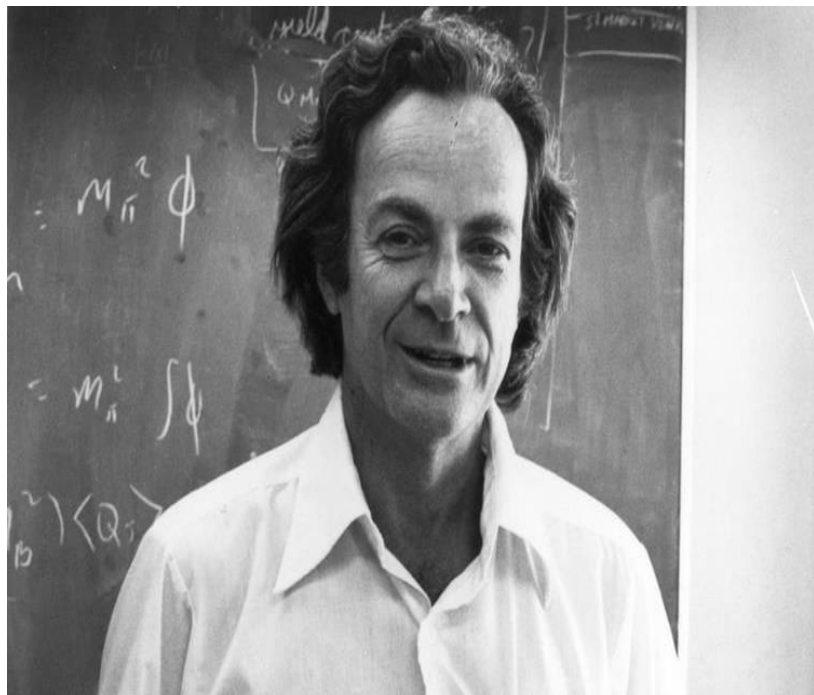
To apply:
<https://ej.uz/qukbm-apply>



Credit:
IBM Research Flickr
(CC BY-ND 2.0)



Teşekkür
Ederim



Richard Feynman
John Preskill
Seth Lloyd
Scott Aaronson
Peter Wittek

