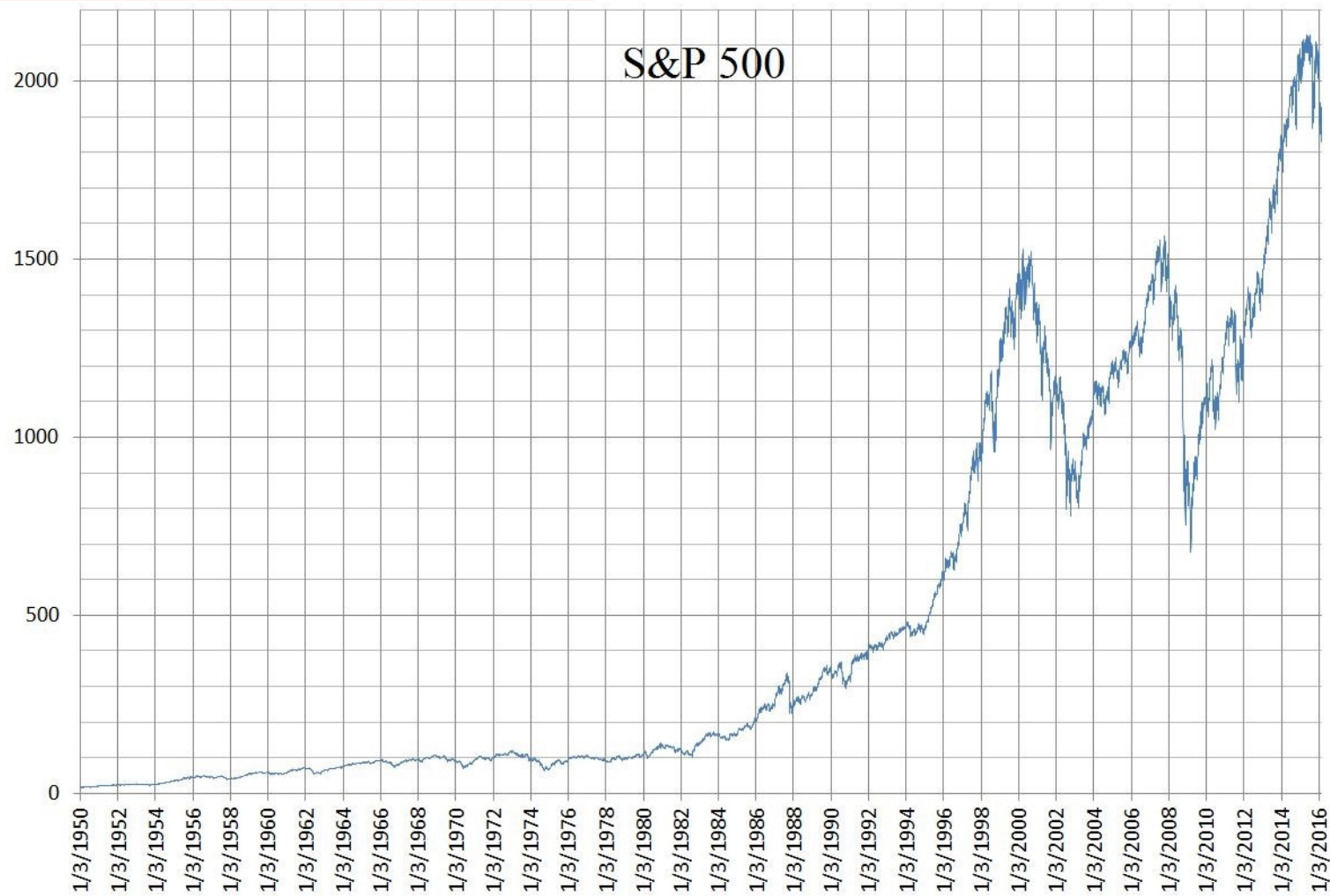


# Уақыт сериясы машиналық оқыту

---

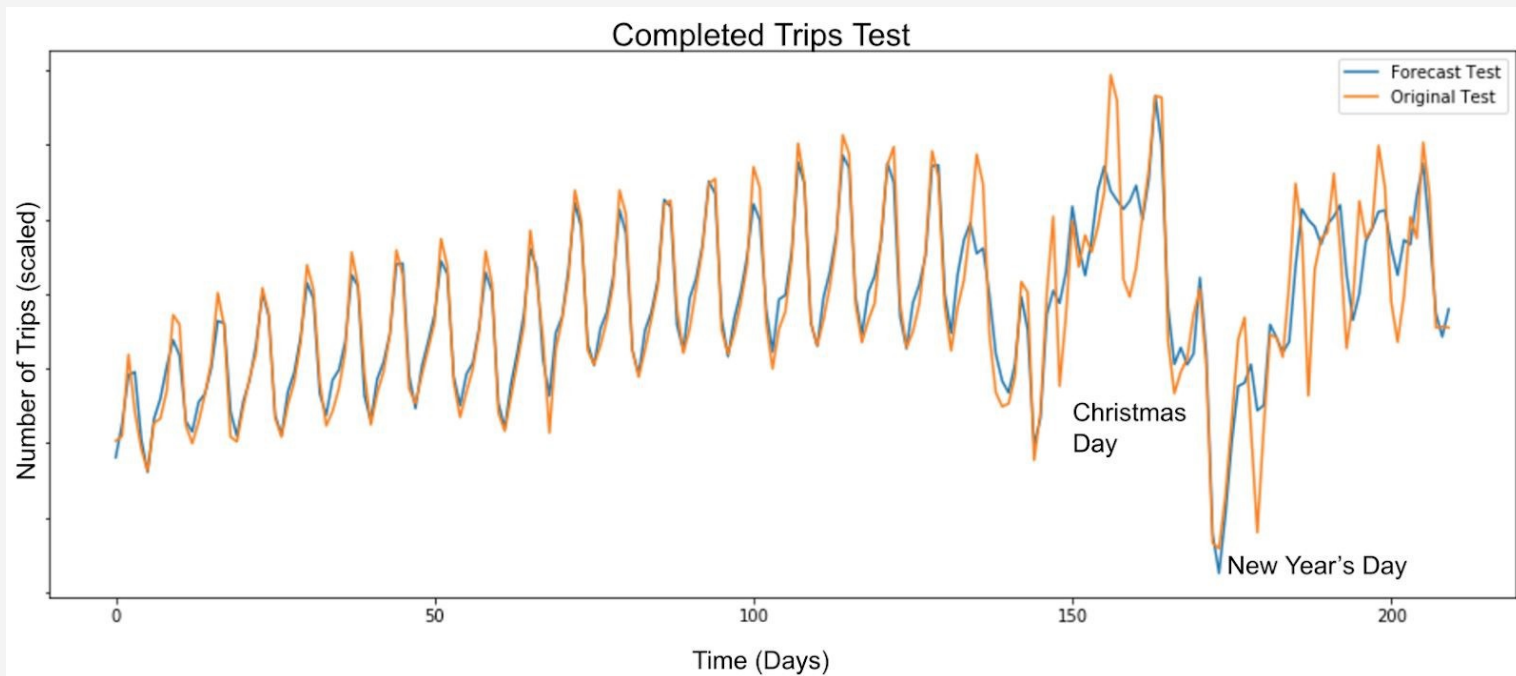
Уақыт

---



# Uber trips

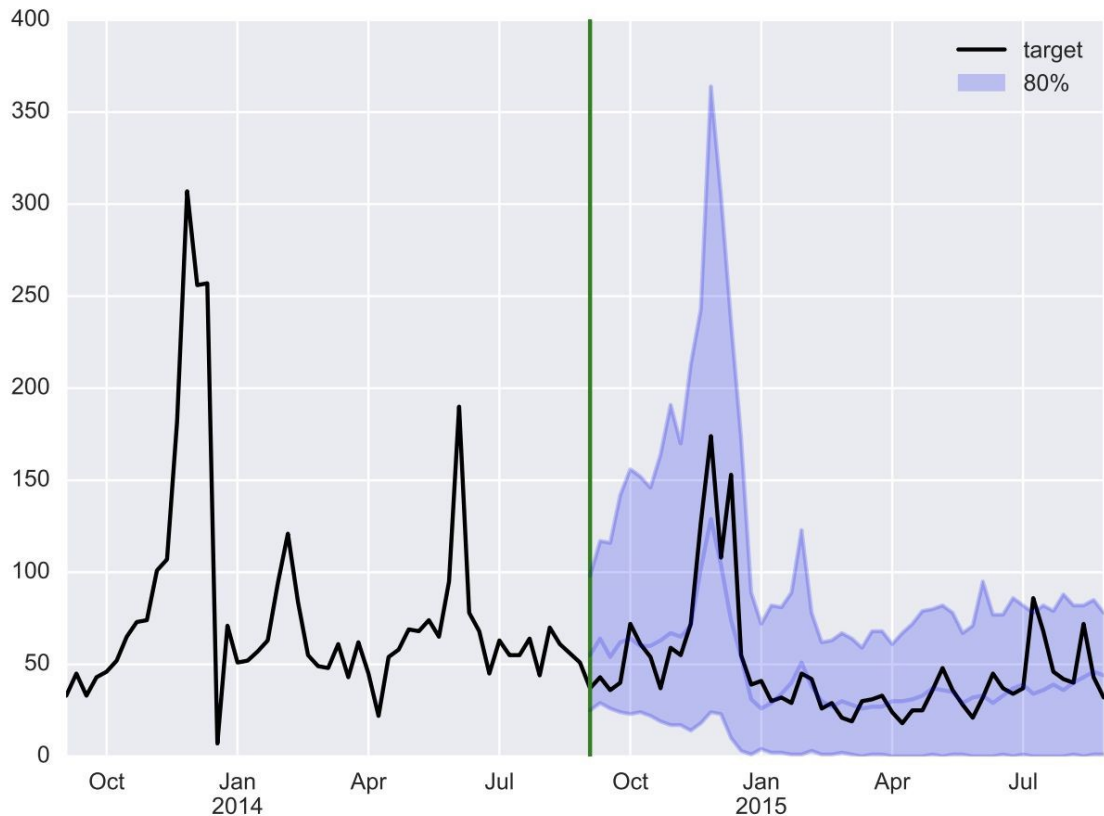
<https://eng.uber.com/neural-networks/>



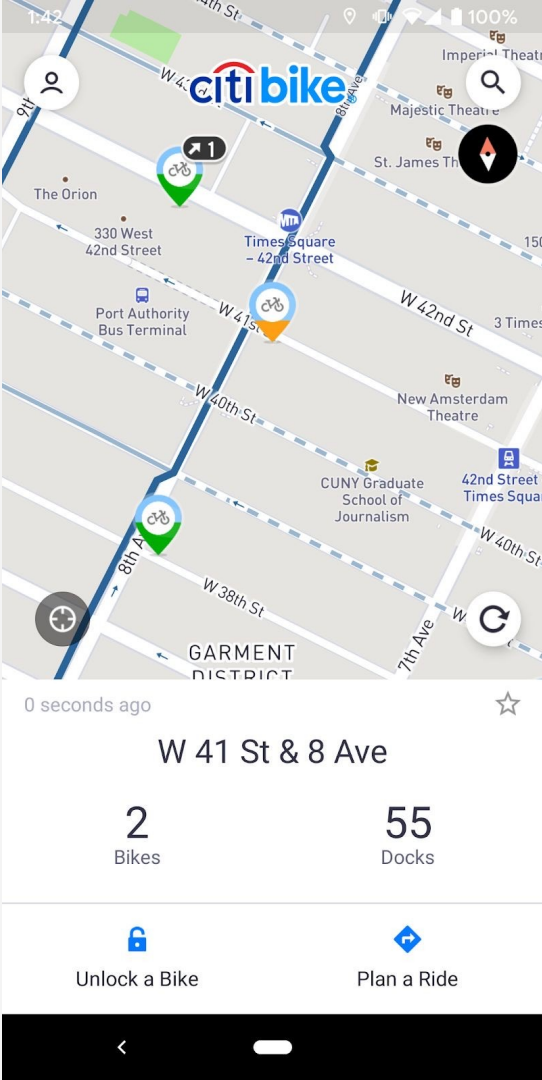
Amazon тауарларының апта сайынғы сатылымы

DeerAR: Авторегрессивті қайталанатын желілермен ықтималдық болжау

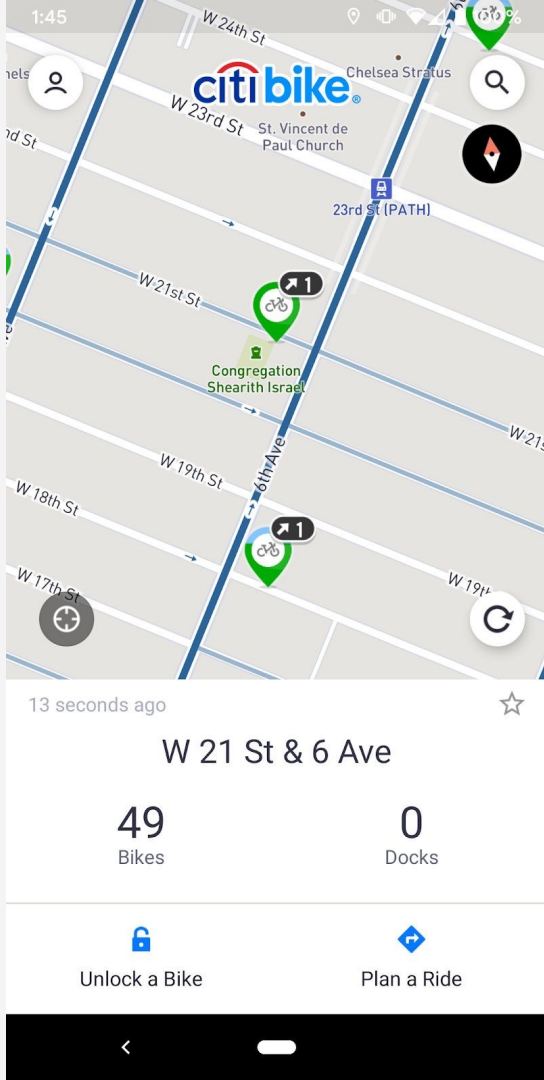
<https://arxiv.org/abs/1704.04110>

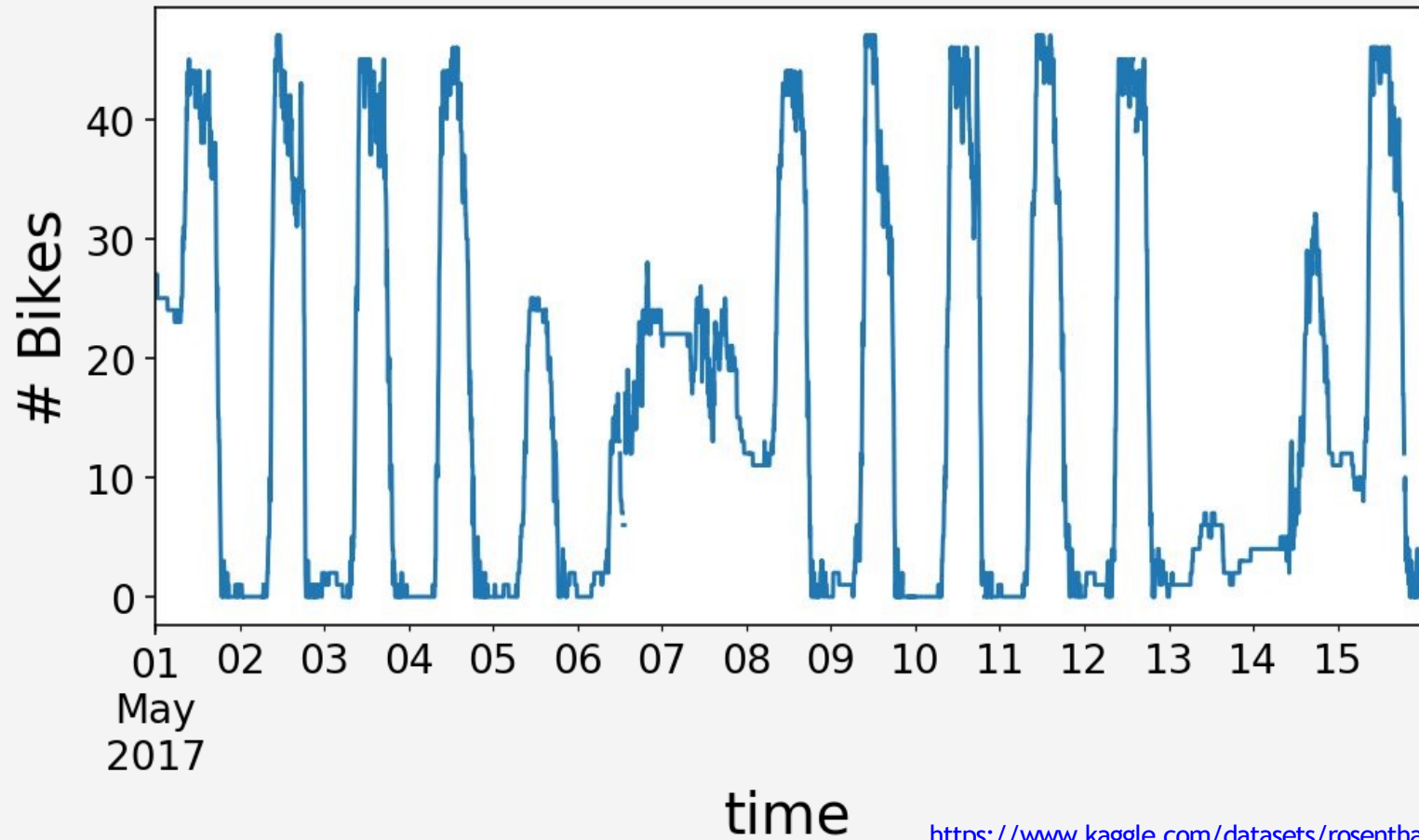


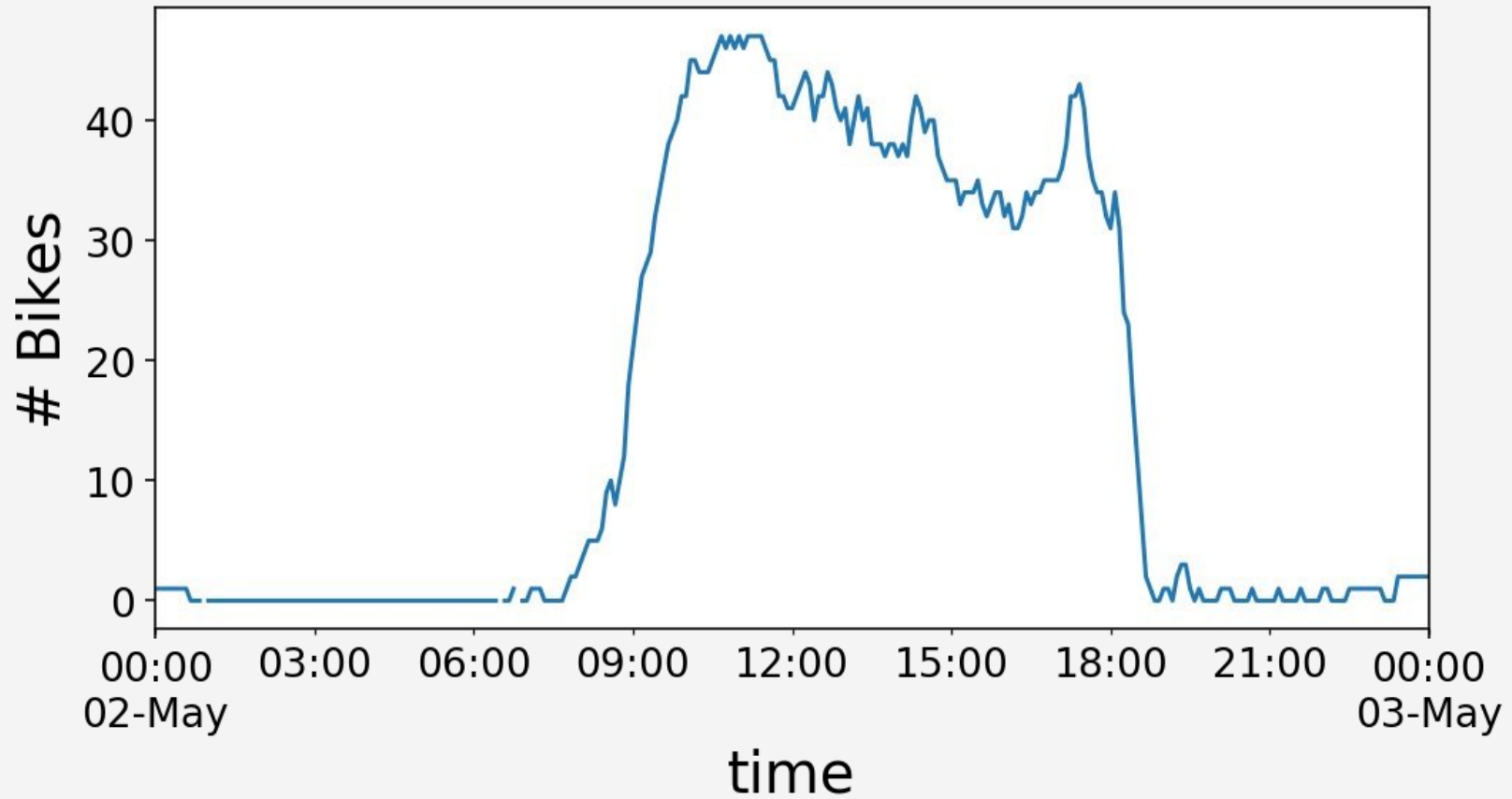
No Citi Bikes



No Docks









«Классикалық» уақыт сериясын модельдеу

---



State Space модельдері



Сызықты емес PDE's



ARIMA



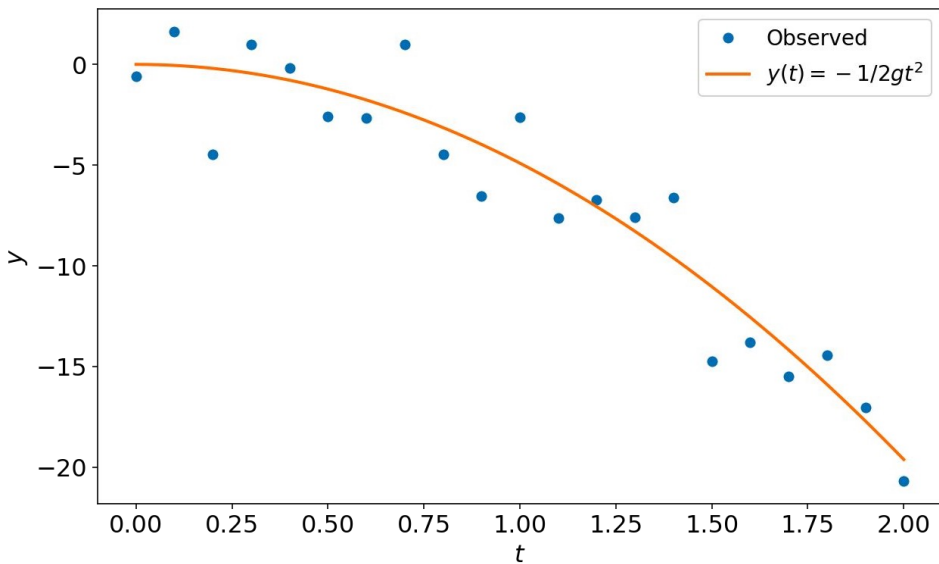
Гаусс-Марков теоремасы



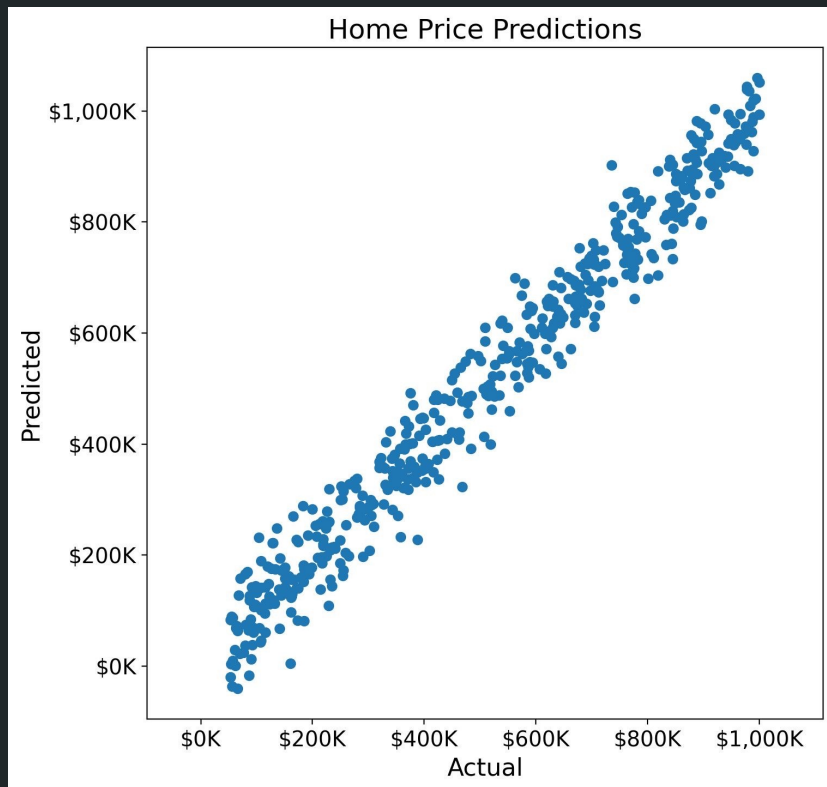
$$\begin{array}{ccccc}
 (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p) & (1 - B)^d y_t & = & c + (1 + \theta_1 B + \dots + \theta_q B^q) \varepsilon_t \\
 \uparrow & \uparrow & & \uparrow \\
 \text{AR}(p) & d \text{ differences} & & \text{MA}(q)
 \end{array}$$



# Қорытынды



# Болжам

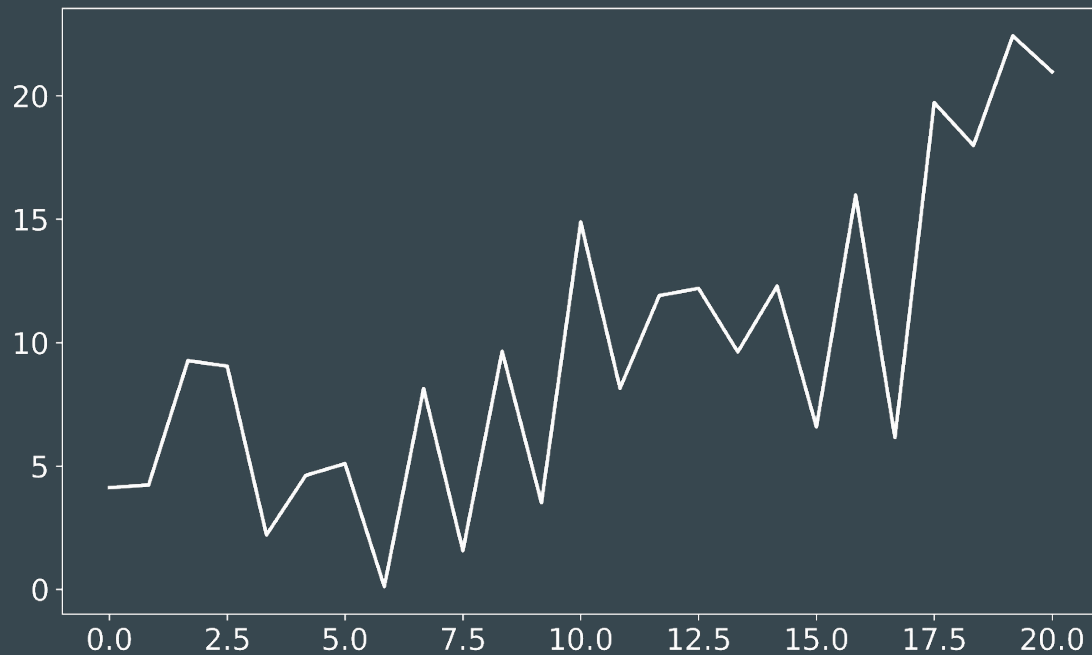


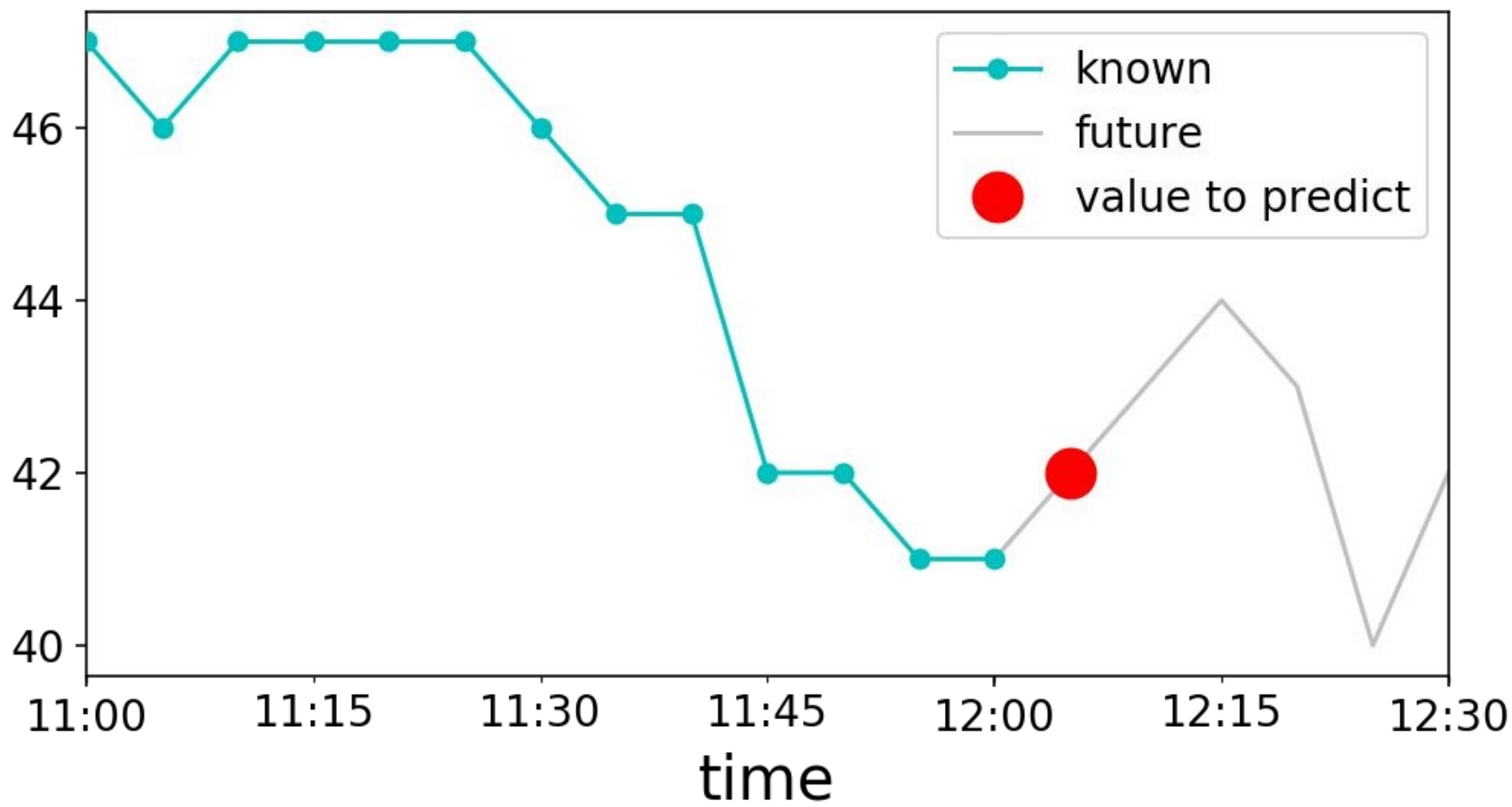
# X матрицасы қайда?

---

```
f.fit(X, y)  
y_new = f.predict(X_new)
```

# Бастапқыда у болды





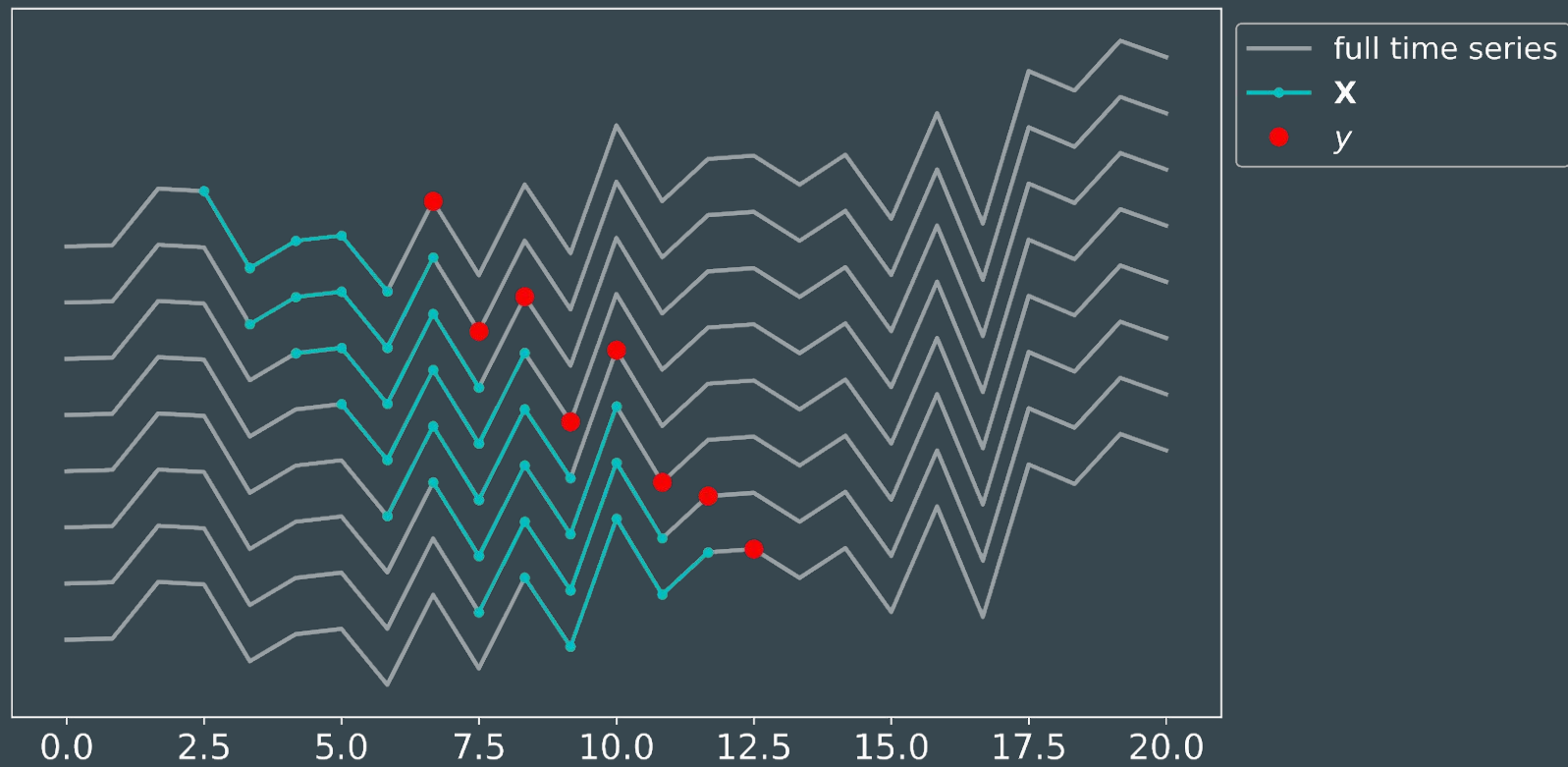
## Авторегресивті / кешігу мүмкіндіктері

```
X = []  
for idx in range(len(y) - window):  
    X.append(y[idx:idx + window])  
  
X = np.array(X)
```

```
y: array([0,  
          1,  
          2,  
          3,  
          4,  
          5,  
          6,  
          7,  
          8,  
          9,  
         10])
```

```
x: array([[0, 1, 2, 3, 4],  
          [1, 2, 3, 4, 5],  
          [2, 3, 4, 5, 6],  
          [3, 4, 5, 6, 7],  
          [4, 5, 6, 7, 8],  
          [5, 6, 7, 8, 9]])
```





$$\mathbf{X}\beta = \hat{\mathbf{y}}$$

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \cdots & y_{w-1} \\ y_1 & y_2 & y_3 & \cdots & y_w \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{t-2-w} & y_{t-1-w} & y_{t-w} & \cdots & y_{t-2} \\ y_{t-1-w} & y_{t-w} & y_{t-w+1} & \cdots & y_{t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_{w-2} \\ \beta_{w-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{y}_w \\ \hat{y}_{w+1} \\ \vdots \\ \hat{y}_{t-1} \\ \hat{y}_t \end{bmatrix}$$

# Модельдеу

- Сызықтық регрессиямен шектелмейді. Ағаштарды, нейрондық желілерді, қалағаныңыздың бәрін пайдаланыңыз!
- Регрессиямен шектелмейді. Жіктеу, кванттық регрессия және т.

# Алдын ала өңдеу және ерекшелік инженериясы

- Айырмашылық
- Айналымы орта
- Сүзгілер
- Фурье компоненттері
- Маусымдық кешігулер
- т.б...

```
X = []  
for idx in range(len(y) - window):  
    X.append(y[idx:idx + window])
```

```
X = np.array(X)  
X = np.hstack((X, X_features))
```

«Экзогендік»  
мүмкіндіктерді қосу

	Lag Features	Extra Features	
<b>x:</b>	[0, 1, 2, 3, 4,	.5, -.1],	→ 5,
	[1, 2, 3, 4, 5,	2.3, .2],	→ 6,
	[2, 3, 4, 5, 6,	-.2, .4],	→ 7,
	[3, 4, 5, 6, 7,	.9, 1.1],	→ 8,
	[4, 5, 6, 7, 8,	1.2, .5],	→ 9,
	[5, 6, 7, 8, 9,	-.7, -.2]]	→ 10]

**y:** array([0,  
1,  
2,  
3,  
4,  
5,  
6,  
7,  
8,  
9,  
10])

```
X = []  
for idx in range(len(y) - window):  
    X.append(y[idx:idx + window])
```

```
X = np.array(X)  
X = np.hstack((X, X_features))
```

«Экзогендік»  
мүмкіндіктерді қосу

Құрылысы  
күрделі!



Арығу  
мүмкіндіктері

Қосымша  
мүмкіндіктер

```
x: array([[0, 1, 2, 3, 4, .5, -.1],  
[1, 2, 3, 4, 5, 2.3, .2],  
[2, 3, 4, 5, 6, -.2, .4],  
[3, 4, 5, 6, 7, .9, 1.1],  
[4, 5, 6, 7, 8, 1.2, .5],  
[5, 6, 7, 8, 9, -.7, -.2]])
```

```
y: array([0,  
1,  
2,  
3,  
4,  
5,  
6,  
7,  
8,  
9,  
10])
```

# Қайталау

- Уақыт сериясын  $y$  алыңыз.
- $y$  ішіндегі әрбір нүктені болжағыңыз келетін нүкте ретінде қарастырыңыз.
- Болжағыңыз келетін  $y$  нүктесіне дейін келетін кез келген деректерден  $X$  жасаңыз.

$$\mathbf{X}_t = \mathbf{y}_{t' < t}$$

- $X$  және  $y$  бойынша регрессия моделін сәйкестендіріңіз.
- $y$  ішіндегі әрбір нүкте үшін келесі нүктені болжау үшін үлгіні пайдаланыңыз.

$$\hat{y}_t = f(\mathbf{X}_t)$$

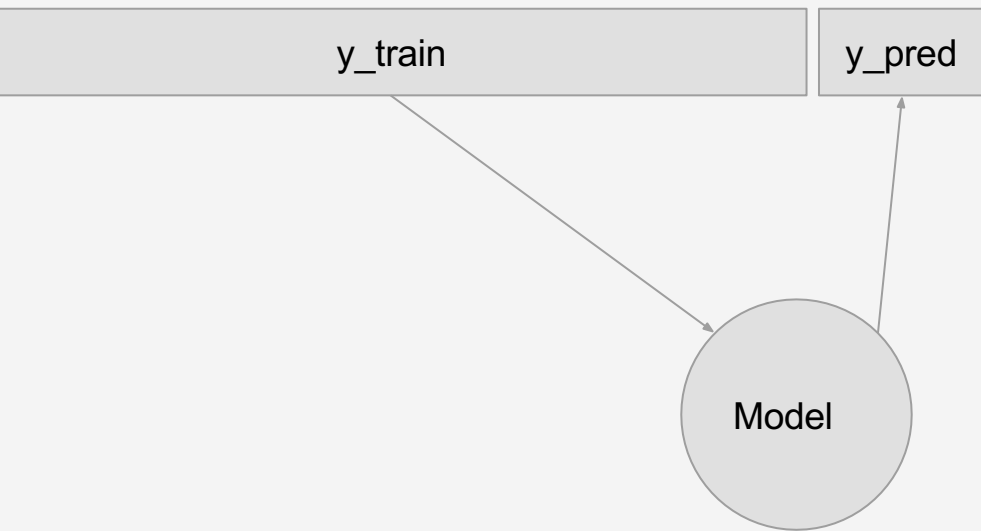
$$\hat{y}_t = f(\mathbf{y}_{t' < t-1})$$

# Forecasting

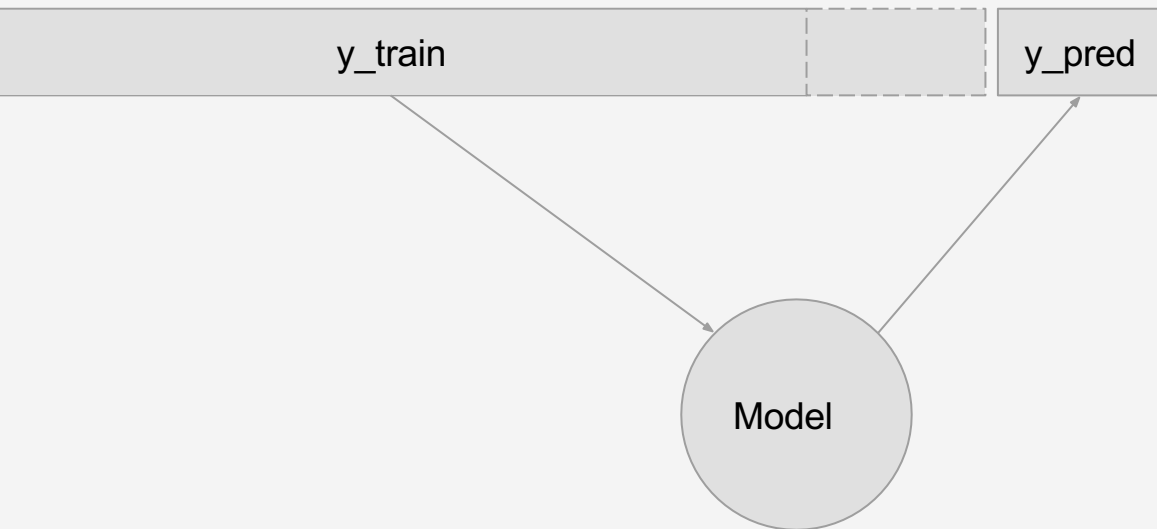




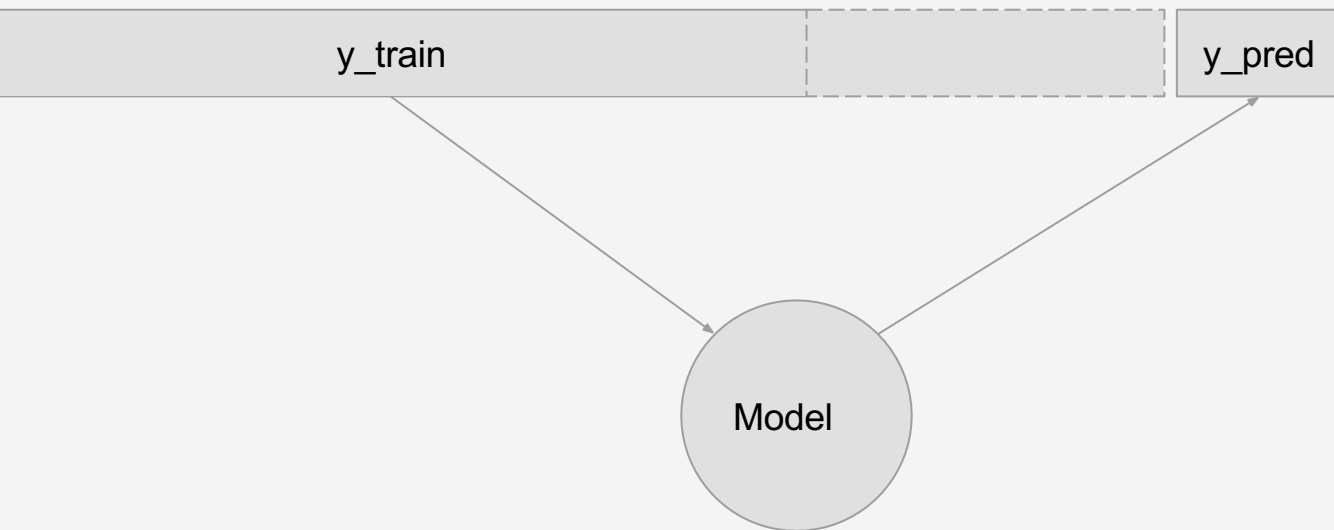
# Рекурсивті болжау




# Рекурсивті болжау



# Рекурсивті болжау



# Рекурсивті болжау

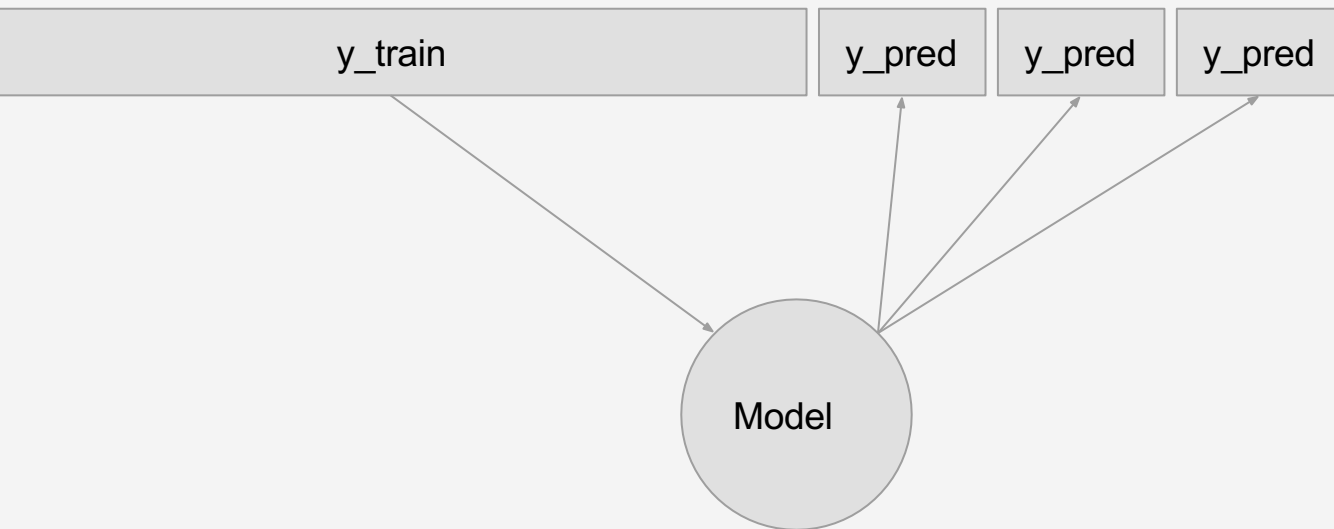


```
def recursive_forecast(model, input_data, num_points_in_future):  
    for point in range(num_points_in_future):  
        prediction = model.predict(input_data)  
        # Append prediction to the input data  
        input_data = np.hstack((input_data, prediction))  
  
    return prediction
```

Келесі қадам  
үшін  
оңтайландыр  
у

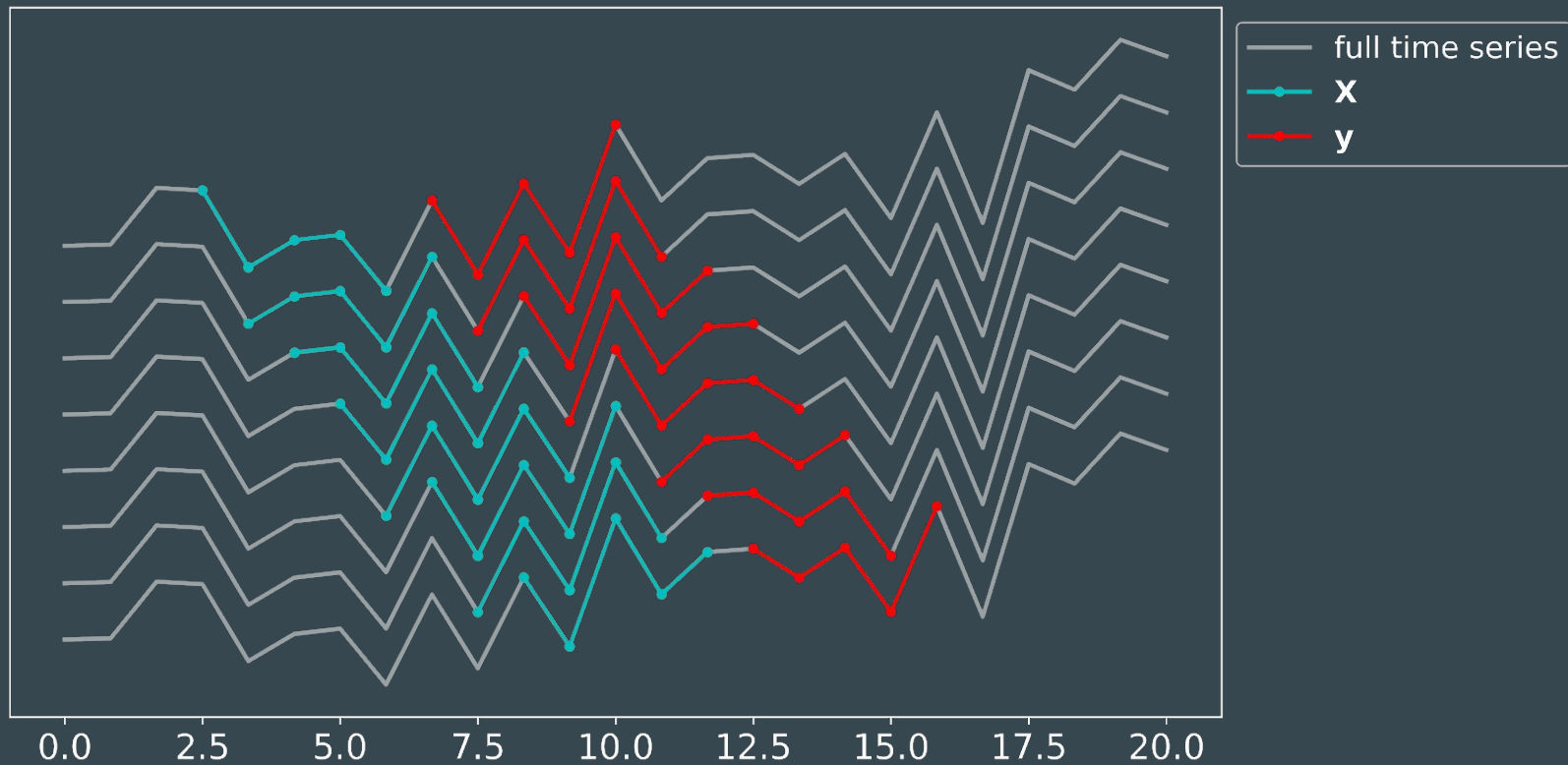
Рекурсивті  
қадамдар  
жұмыс істесін

# Көзжик болжамы



More info: “Machine learning strategies for multi-step-ahead time series forecasting”,  
Souhaib Ben Taieb [https://souhaib-bentaieb.com/papers/2014\\_phd.pdf](https://souhaib-bentaieb.com/papers/2014_phd.pdf)

# Көкжиек болжамы



```
y: array([ 0.,  
          1.,  
          2.,  
          3.,  
          4.,  
          5.,  
          6.,  
          7.,  
          8.,  
          9.,  
         10.])  
y_horizon: array([[ 0.,  1.,  2.],  
                   [ 1.,  2.,  3.],  
                   [ 2.,  3.,  4.],  
                   [ 3.,  4.,  5.],  
                   [ 4.,  5.,  6.],  
                   [ 5.,  6.,  7.],  
                   [ 6.,  7.,  8.],  
                   [ 7.,  8.,  9.],  
                   [ 8.,  9., 10.],  
                   [nan, nan, nan],  
                   [nan, nan, nan]])
```



# Бірнеше мақсатты болжау

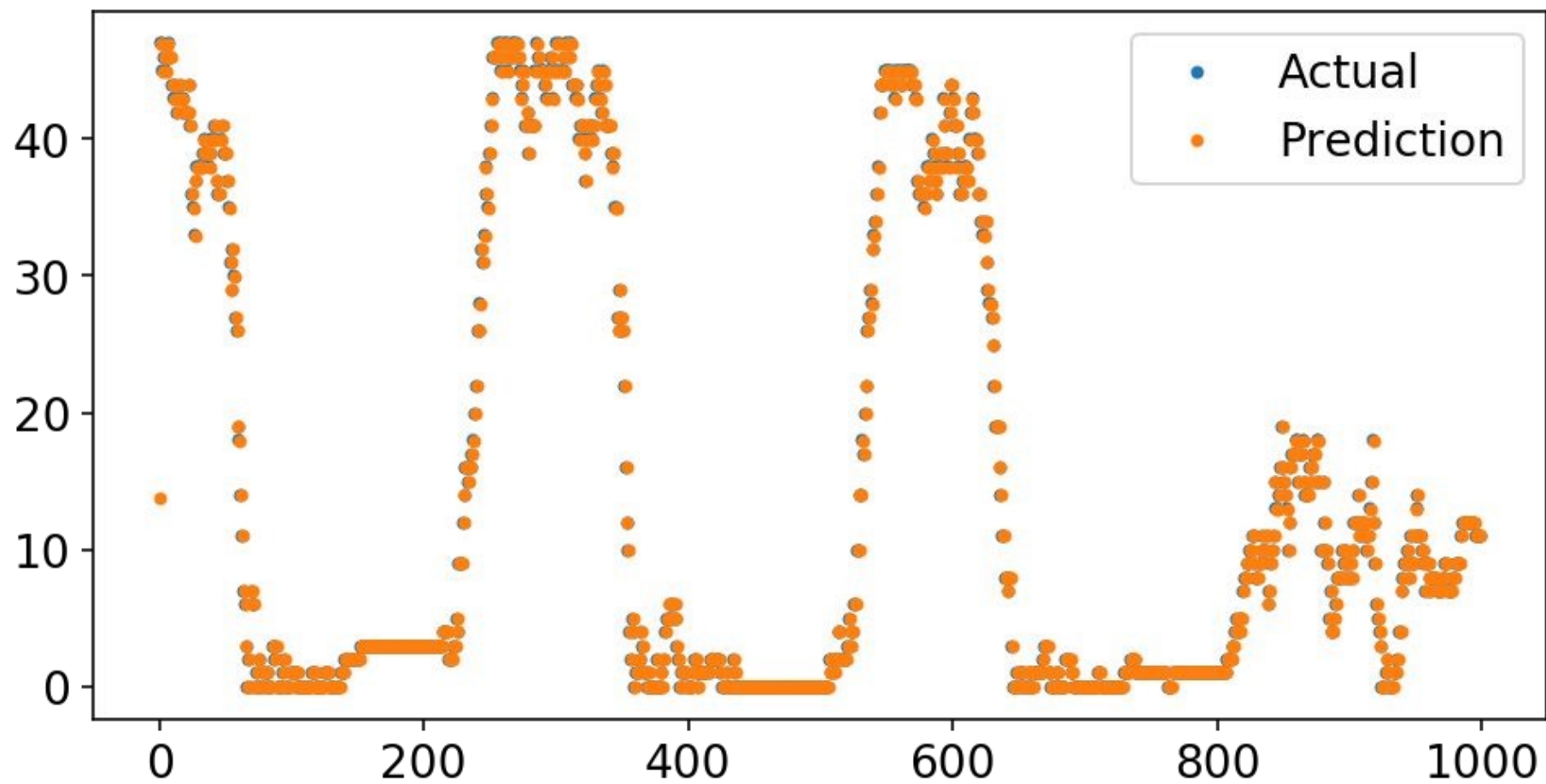
- [sklearn.multioutput.MultiOutputRegressor](#)
- Әрбір мақсат үшін жеке үлгіні жаттықтырыңыз.
- Артықшылықтары:
  - Өте қарапайым
  - Кез келген модельмен жұмыс істейді
- Кемшіліктері
  - Ресурсты қажет ететін
  - Біліммен бөліспейді

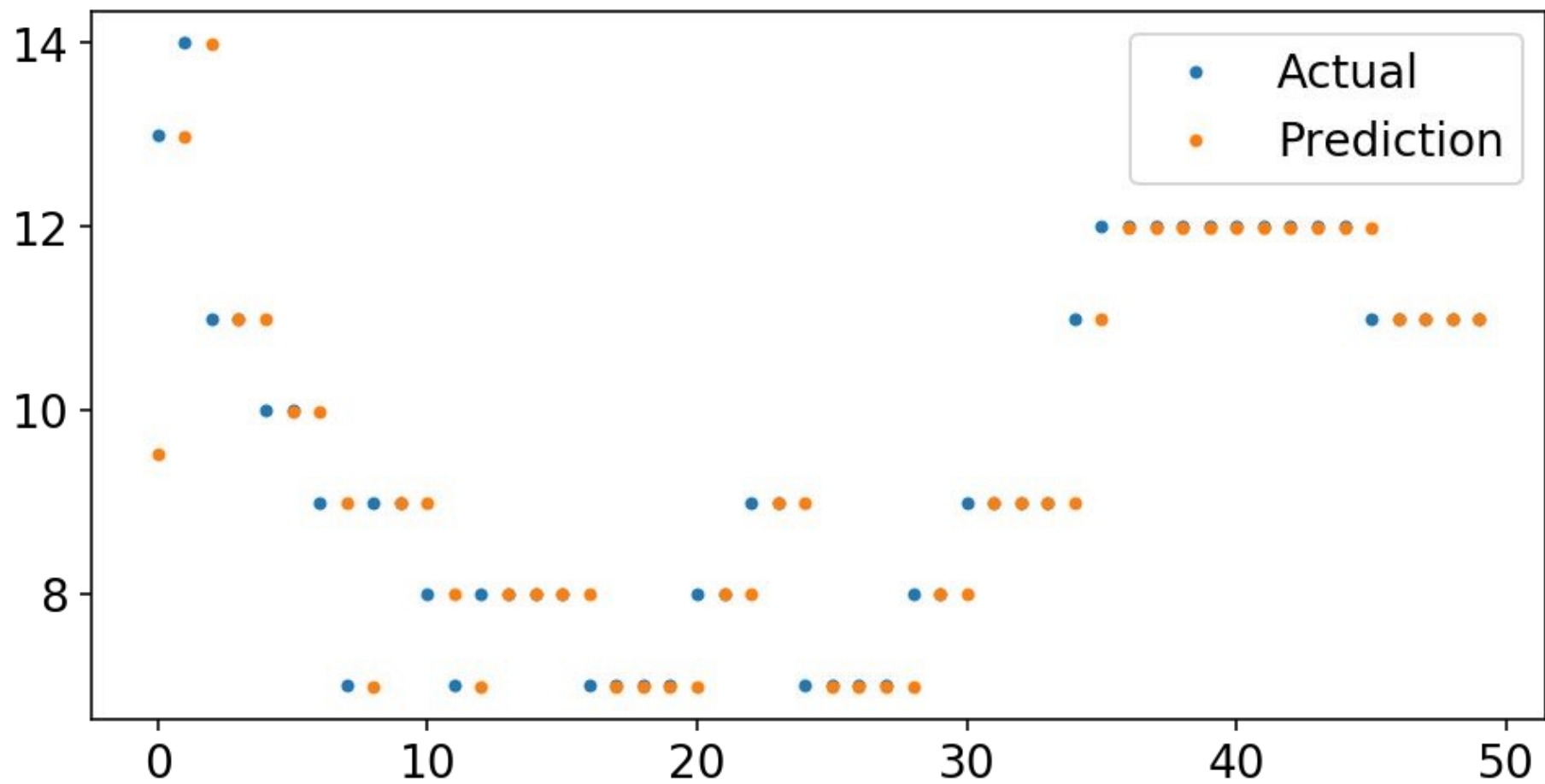
# Бірнеше мақсатты болжау

- Бірнеше нәтижелі терең оқыту моделі.
- Артықшылықтары:
  - Мүмкін аз ресурсты қажет етеді
  - Тікелей оңтайландыру
  - Біліммен бөлісу
- Кемшіліктері:
  - Терең оқудың барлық ескертулері
  - Көкжиекпен шектелген

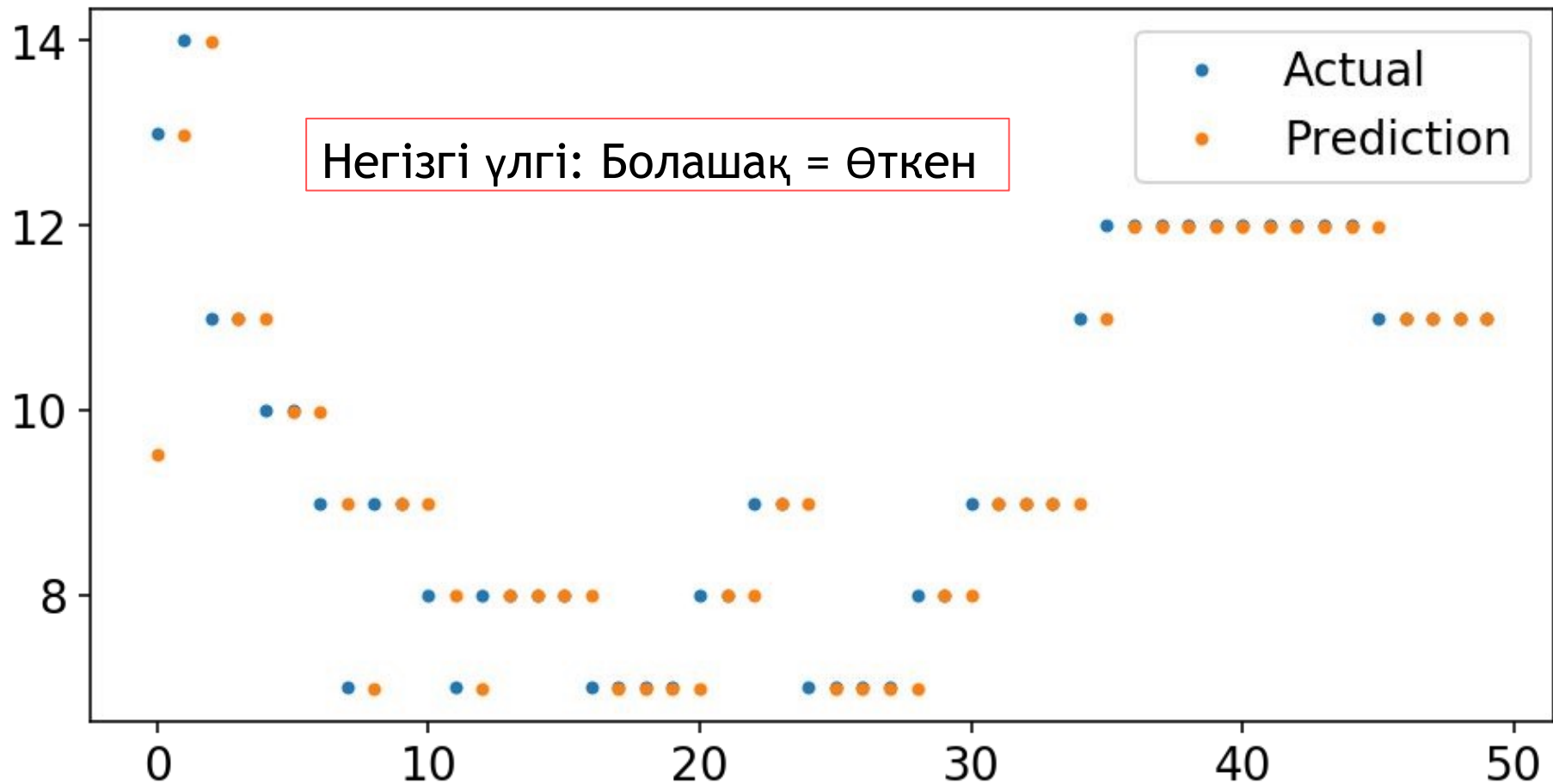
Бағалау

---

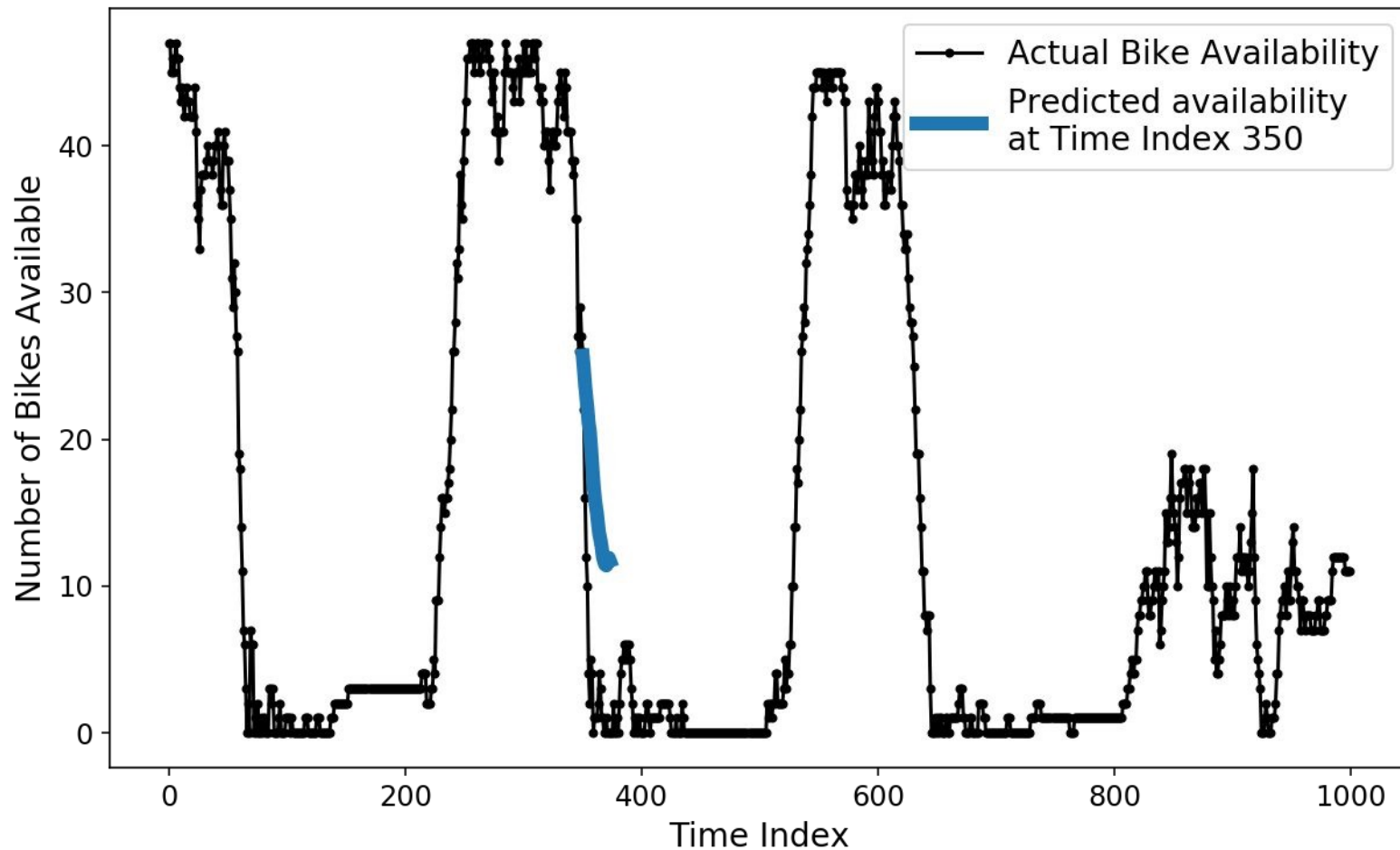




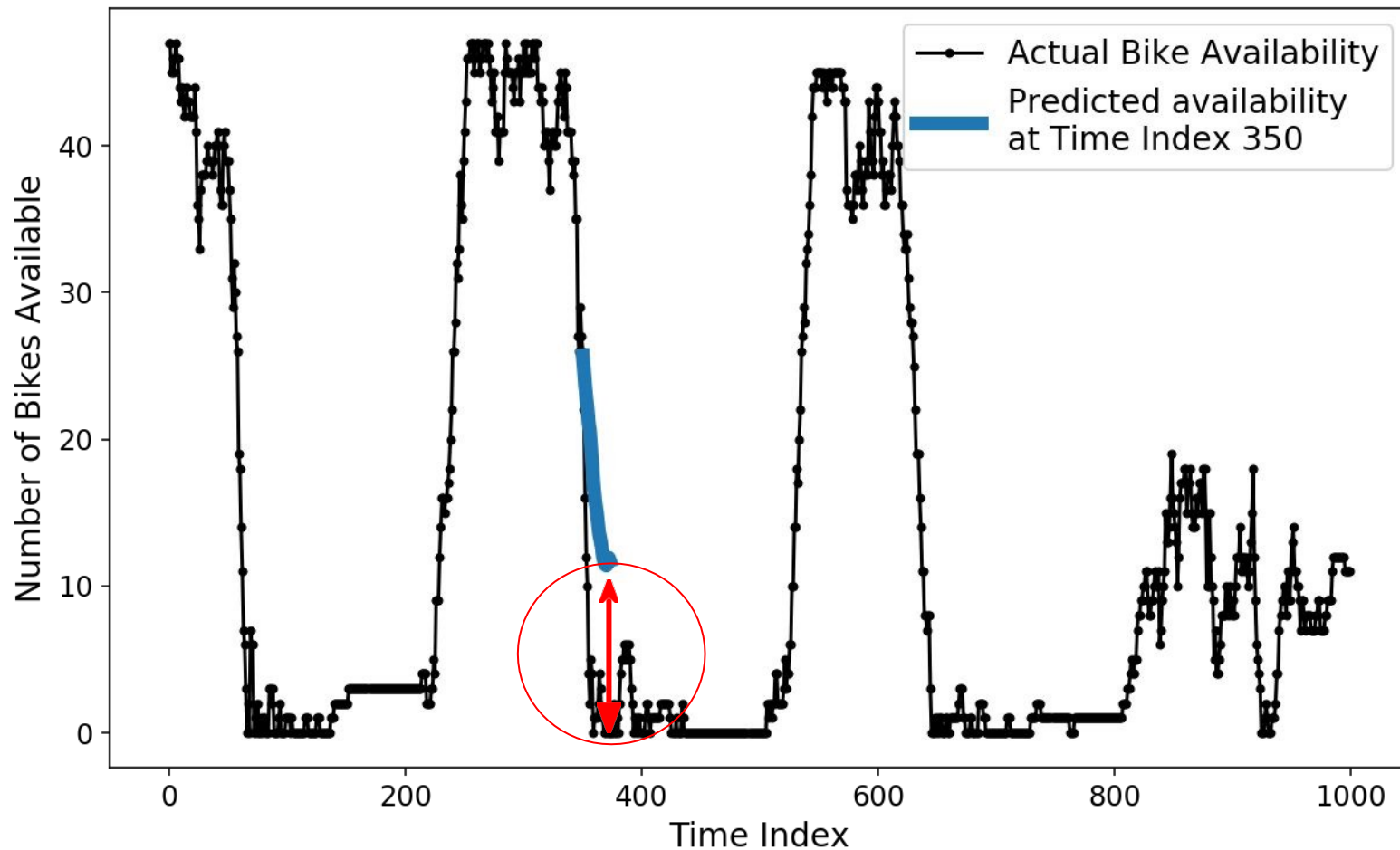
Негізгі үлгі: Болашақ = Өткен



# Көріністерді болжау

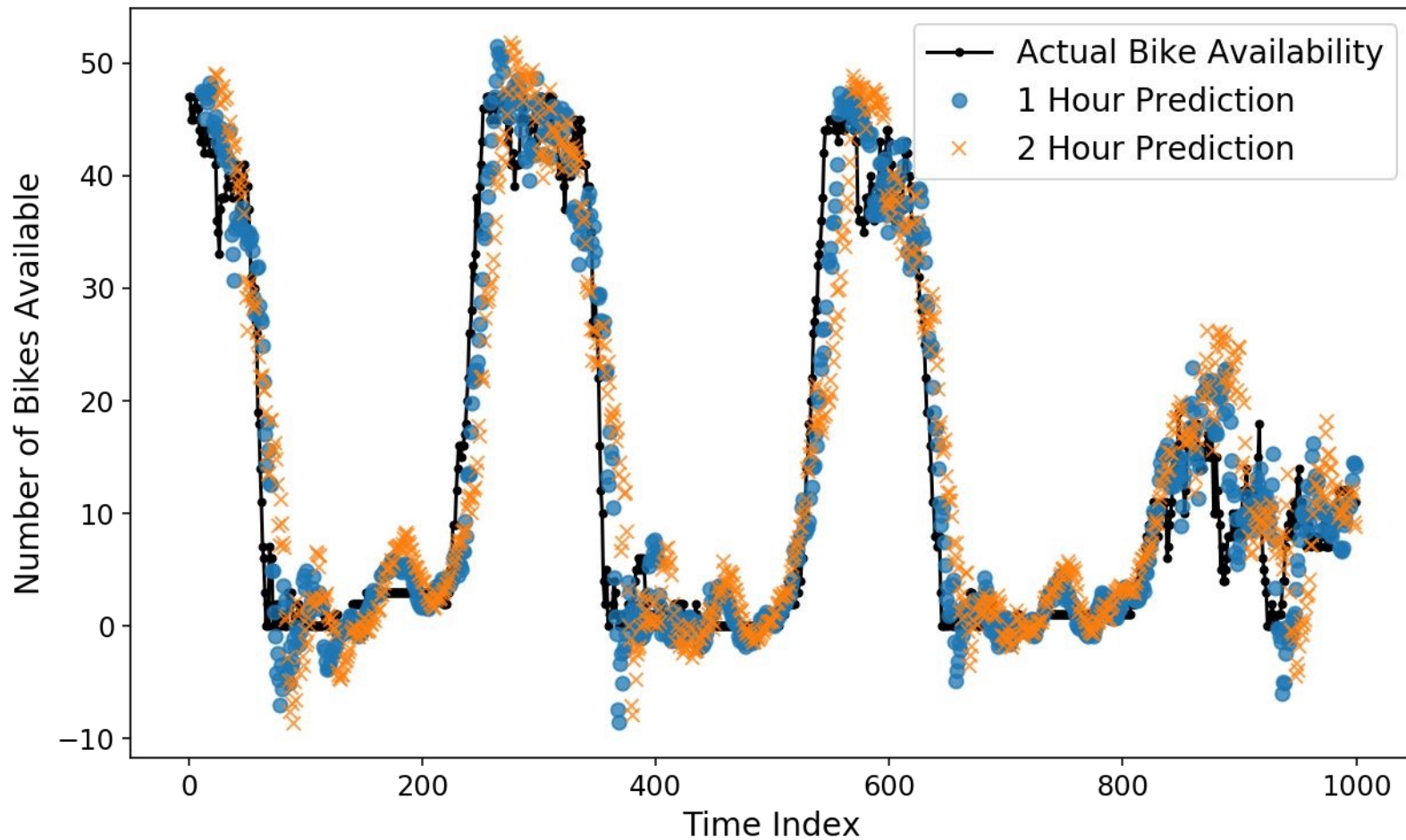


# Көріністерді болжау

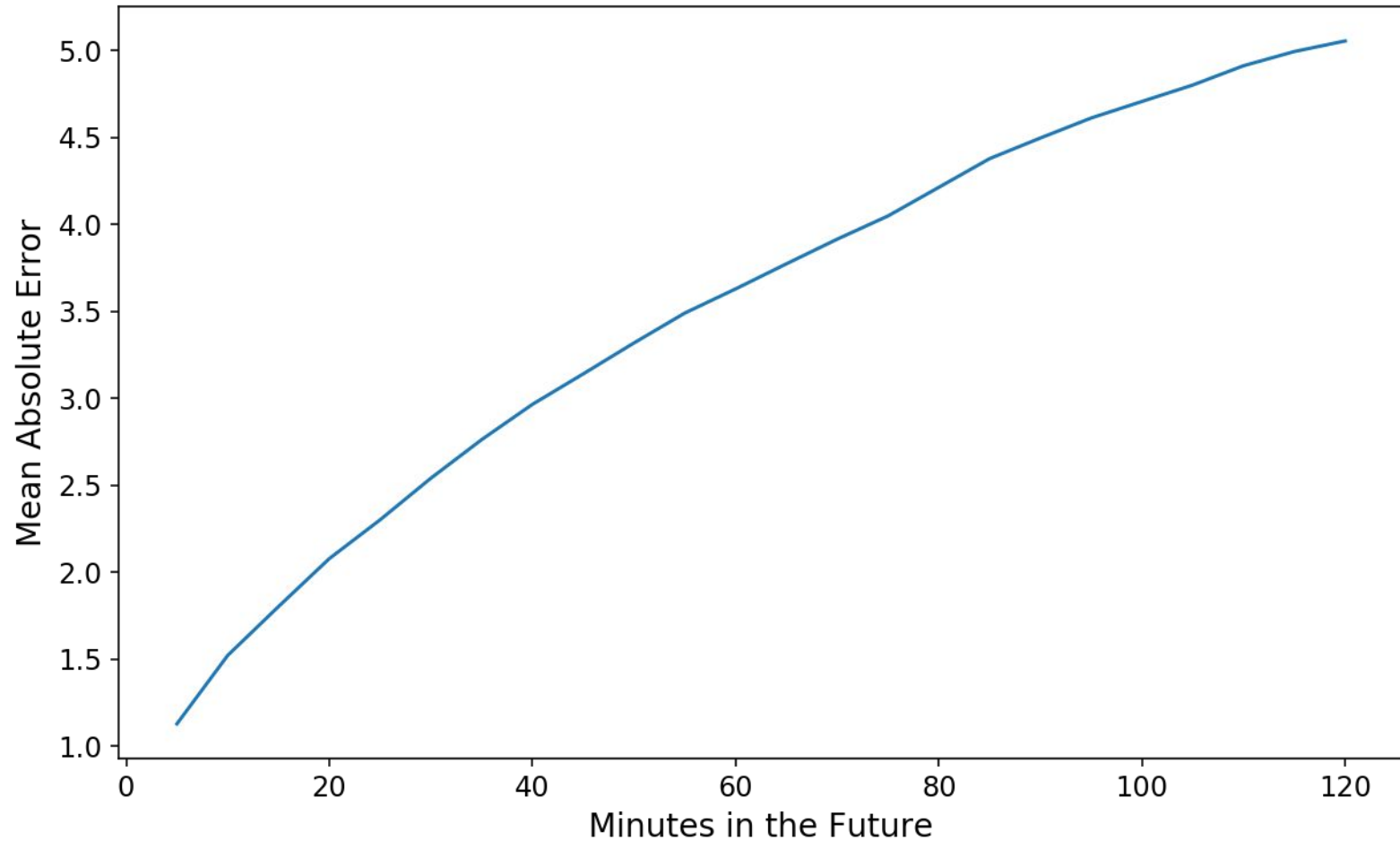




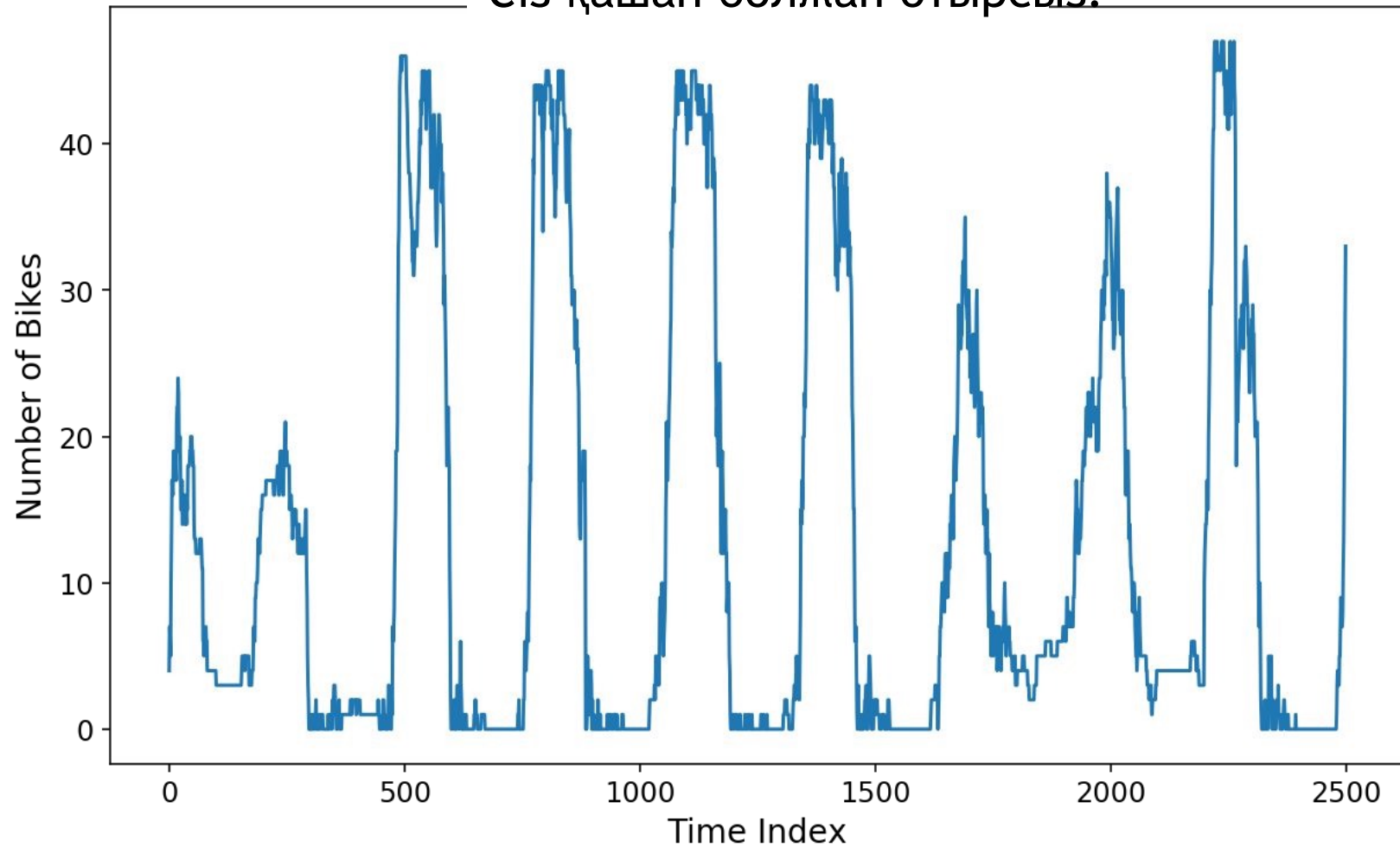
# Көріністерді болжау



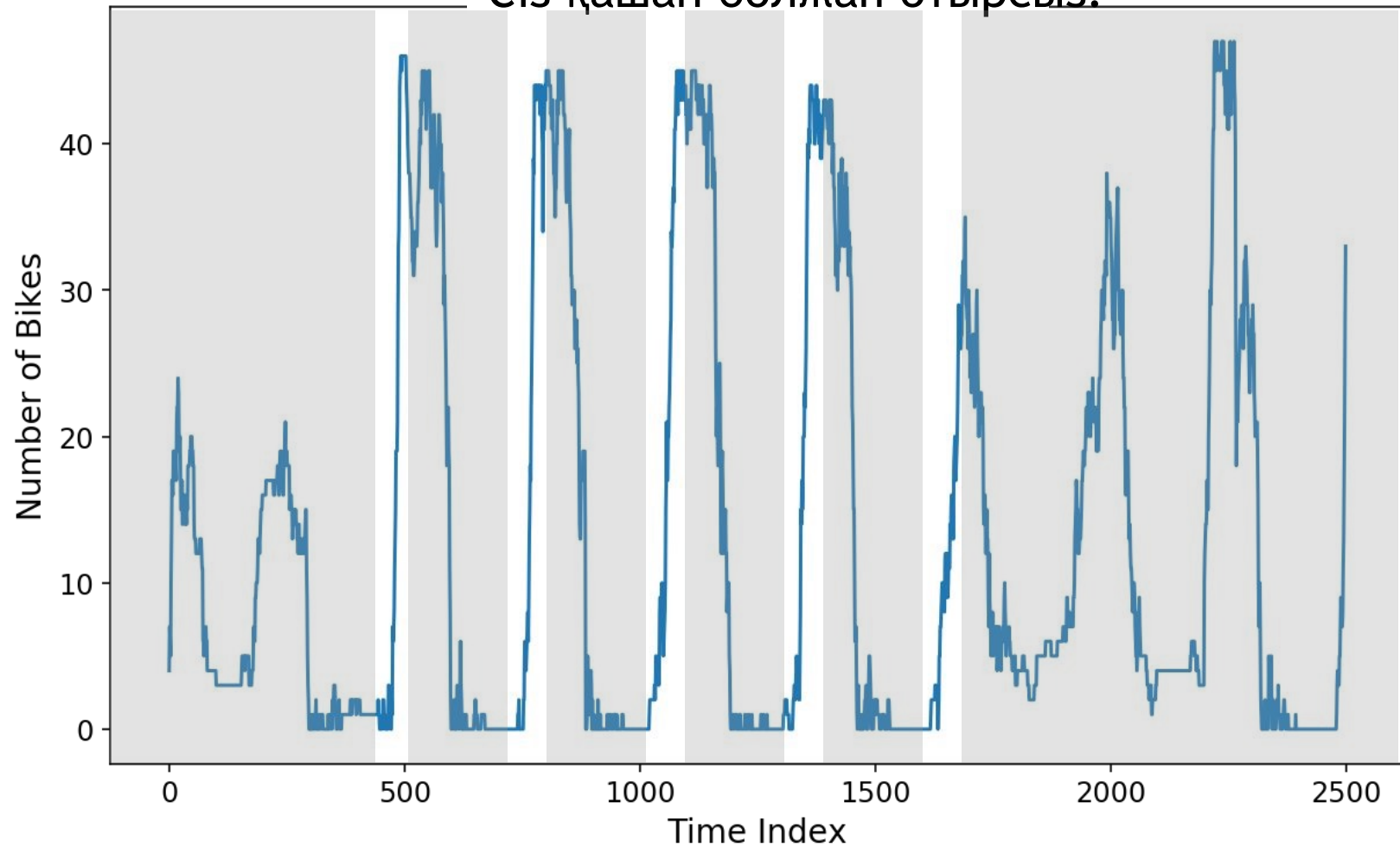
# Метрикаларды біріктіру



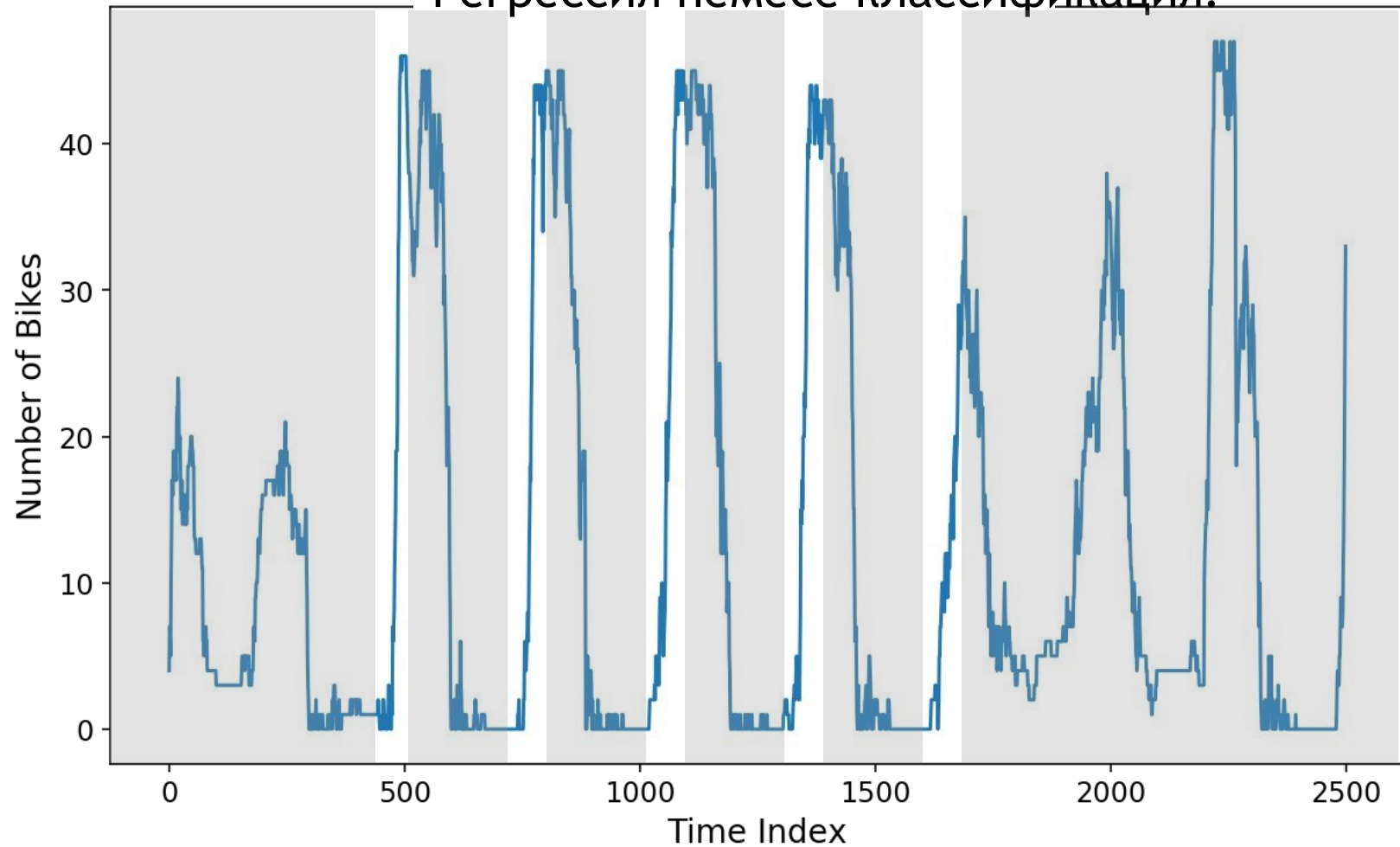
Сіз қашан болжап отырсыз?



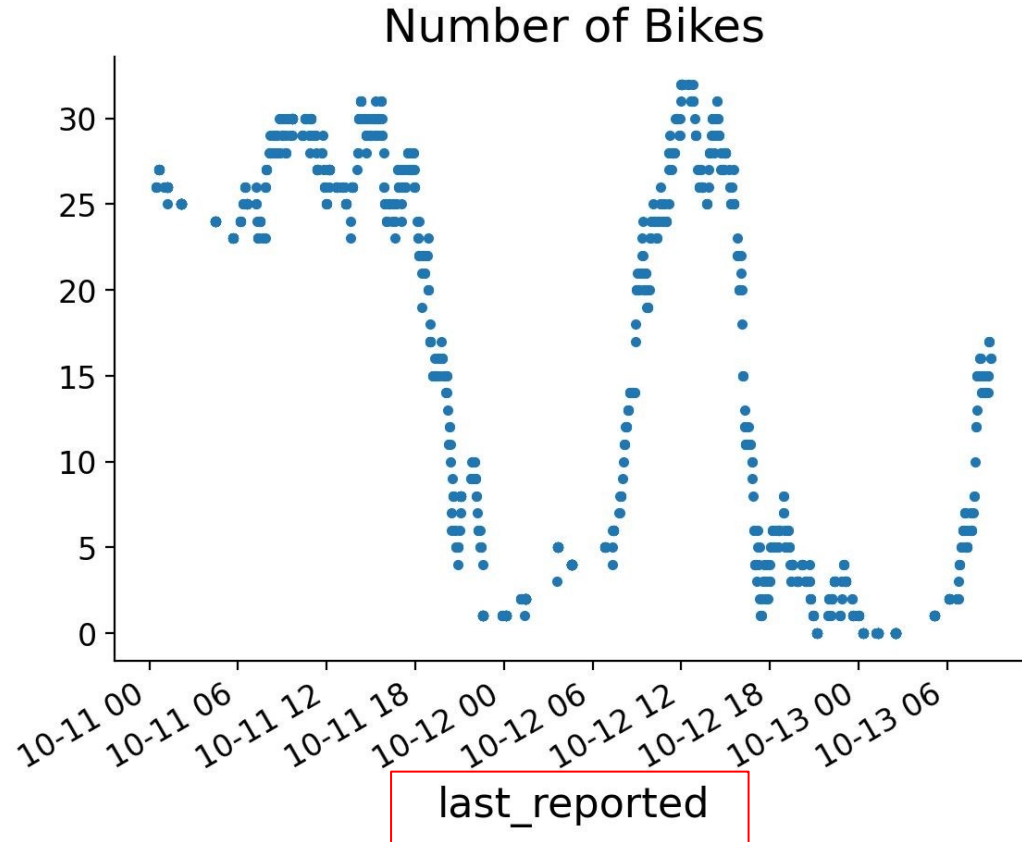
Сіз қашан болжап отырсыз?



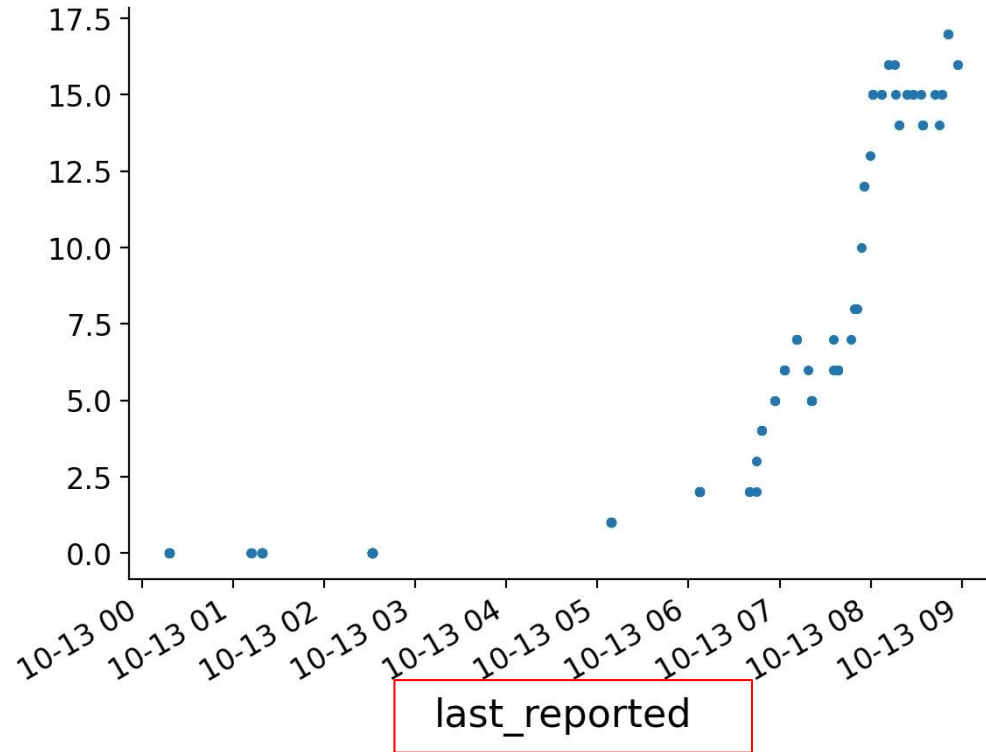
## Регрессия немесе классификация?



Сіз болжау кезінде не  
білесіз?



## Number of Bikes



# Сіз болжау кезінде не білесіз?

