

FRI-2G.303-1-CCT1-07

---

## CHALLENGES IN CREATING AND IMPLEMENTING PARKING TARIFFS<sup>7</sup>

---

**Assoc. Prof. PhD Svetlana Stefanova**

Department of Computer Science and Technology

Technical University of Rouse, Bulgaria

E-mail: [svetlaps@yahoo.com](mailto:svetlaps@yahoo.com)

**Eng. Bojidar Bratoev, PhD student**

Department of Computer Science and Technology

Technical University of Rouse, Bulgaria

E-mail: [bojidarb@gmail.com](mailto:bojidarb@gmail.com)

***Abstract:** Different methods for determining parking tariffs can be successfully used for optimal management of cash flows. This provides opportunities for describing their dynamic nature. The description can subsequently be used to analyze the behavior of parking participants, from which to draw the appropriate conclusions. This approach can be used to analyze the effects of applying different tariffs before their implementation, thus reducing the risks of losing customers and increasing revenues. These simulations can provide information both about the current situation with a selected tariff and about the expected revenues when changing it.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Все повече хора се насочват към големите градове и населението в тях нараства лавинообразно. В резултат на това автомобилният трафик е значителен. Например, броят коли в София е около 663 автомобили на 1000 жители към 2020 година — една от по-високите стойности в Европа. Пътуванията с кола често са с по-ниска средна скорост, особено в часовете на пиково натоварване. С цел подпомагане на трафика, в някои населени места местната управа използва дигитални инструменти, например приложението Waze, за споделяне на информация относно затваряния на пътища и промени в организацията на движението.

Паркирането, като част от този процес, вече не е просто въпрос на намиране на пространство, но и на оптималното му използване. Интелигентното ценообразуване е ключов фактор в тази посока. Независимо дали управлявате гараж в центъра на града, летищен паркинг или градска инфраструктура, избраните паркинг такси са от решаващо значение за балансиране на заетостта, приходите и мобилността.

### ОСНОВНИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРКИНГ ТАРИФИ

#### ОСНОВНИ ЦЕЛИ

Основните цели на собствениците и операторите на пространства за паркиране са свързани с насърчаване на заетостта и от там максимизиране на приходите. Целите на местните общности и институции включват и намаляване на задръстванията и замърсяването на средата. Целите могат да бъдат групирани по следния начин:

- Максимизиране на приходите – това е най-често срещаната и логична цел за всеки един паркинг собственик. Максимална печалба от определен брой парко места.
- Насърчаване на оборота или заетостта - за паркинг зони към търговски центрове и вериги магазини псе предоставят отстъпки за престой до 2 часа (нормалното време

---

<sup>7</sup> The paper was presented on 24 October 2025 in section “Communication and Computer Technologies” with original title in Bulgarian: ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ СЪЗДАВАНЕТО И ПРИЛАГАНЕТО НА ПАРКИНГ ТАРИФИ

за пазаруване), но в същото време по-високи цени за паркиране при достигане на 8 часа и повече.

- Намаляване на задръстванията или замърсяването – в случаите когато собственик е община или организация-собственик на метростанции, гари и друг обществен транспорт се предоставят различни видове отстъпки от нормалната цена за паркиране. Целта е стимулиране на ползване на обществен транспорт (градска мобилност). Безплатното време за паркиране в ‚буферен‘ паркинг в покрайнините на града може да достигне до един работен ден, докато в центъра на града, в паркинг на същият собственик, цената за паркиране за час може да достигне значителни стойности.

### ИЗПОЛЗВАНИ МЕТОДИКИ ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ТАРИФИТЕ

Определянето на тарифите за паркиране в градска среда не е произволен процес. Той се базира на различни икономически, социални и урбанистични методики, за да може ефективно да се управлява търсенето, да се намали трафикът и да се насърчи използването на устойчив транспорт. Няколко са основните методики и принципи, които се използват за определяне на паркинг тарифите. Най-често ценообразуване то се прави на база търсене и предлагане. Съгласно този модел, ако търсенето на паркоместа в дадена зона е по-голямо от наличните места, то цената се увеличава. Ако, обаче, има много свободни места – цената се намалява. Например в Сан Франциско използва именно динамично ценообразуване на базата на заетостта. По този начин се цели постигане на оптимална заетост с налични места.

Друг подход при ценообразуването е чрез зонирание като централните части на града са с по-високи тарифи, а периферните – с по-ниски. Най-често градът се разделя на зони (червена, синя, зелена и т.н.) и всяка зона има различна часова ставка, определена според натовареността на движението, броя паркоместа и близостта до активни зони (бизнес и търговски центрове). Когато таксата се определя според продължителността на престоя дефиницията е за времево ценообразуване. Често първият час е по-евтин, а следващите стават все по-скъпи и така се насърчава кратковременно паркиране. Среща се и прогресивно ценообразуване – всеки следващ час да е значително по-скъп. Така се постига по-бърза ротация на превозните средства.

В социалните държави се среща и социално ценообразуване: по-ниски цени за хора с увреждания, за електромобили и др. Бюджетни нужди на общината понякога водят до допълнителни възможности за жителите, като например годишен абонамент на по-ниска цена за паркиране в близост по местоживеене. Цената може да се различава и според вида на превозното средство, отчитайки габарити, ниво на замърсяване (евро стандарт) и т.н. В някои градове електрическите коли дори ползват безплатно или намалено паркиране.

Предвид динамиката в големите населени места, интелигентните системи и динамични тарифи са за предпочитане. Чрез сензори, камери и приложения е възможно да се събира реална информация за заетостта и на тази база цените се променят автоматично. Системата би могла да информира в реално време за свободни места, като самото ценообразуването би могло става почти в реално време. Такива системи вече функционират в Барселона, Лондон, Лос Анджелис, и др.

Стандартната методика при определяне на тарифите включва следните стъпки:

- Събиране и анализ на информация;
- Пресмятане на приходите;
- Анализ на търсенето чрез крива на търсенето;
- Симулация на приходите и последващи промени в тарифата;

Информацията, която се събира и е необходима за последващ анализ, включва следните параметри:

- Почасова и дневна заетост – анализира се заетостта по часове и дни. В работни дни заетостта в определени часове е по-висока за сметка на часове, в които натоварването е по-ниско. Съответно цената за паркиране в часовете с висока заетост е по-голяма, сравнена с останалото време.
- Часове на влизане и излизане – анализират се часовете, в които има натрупване на чакащи превозни средства на входовете и изходите на паркингите.
- Местни събития – анализира се заетостта по-време на почивни дни и празници.
- Алтернативи за паркиране – анализират се цените на конкурентни паркинги и тяхната заетост.
- Тип клиенти – живущи, работещи и случайни посетители в зависимост от местоположението на паркинга. В близост до офис зоните натоварването в почивни дни и празници е слабо, в сравнение с паркинги до паркове и търговски центрове.

Пресмятането на приходите може да стане с използването на следната формула:

$$\text{Приходи} = \text{Заетост} * \text{Капацитет} * \text{Цена},$$

където:

Заетост: процент на запълнените места (0–100%)

Капацитет: общ брой на паркоместа

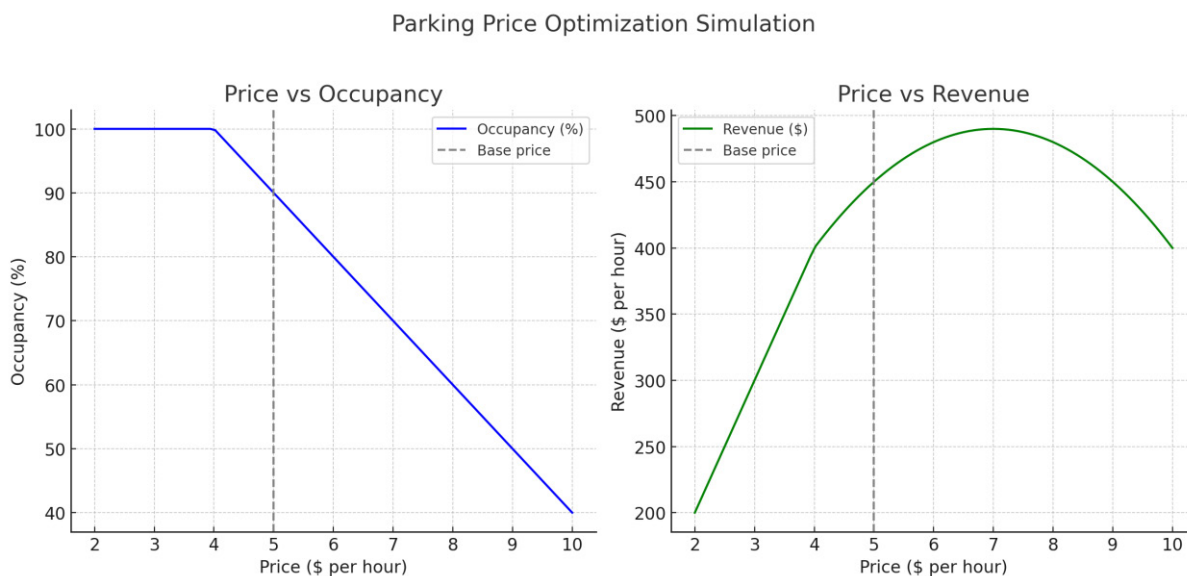
Цена: цена на паркоместа

Целта на тази стъпка е да се определи оптимална цена, която да максимизира приходите.

Анализът на търсенето би могъл да се осъществи чрез крива на търсенето, базирана на функцията:

$$\text{Заетост} = f(\text{Цена})$$

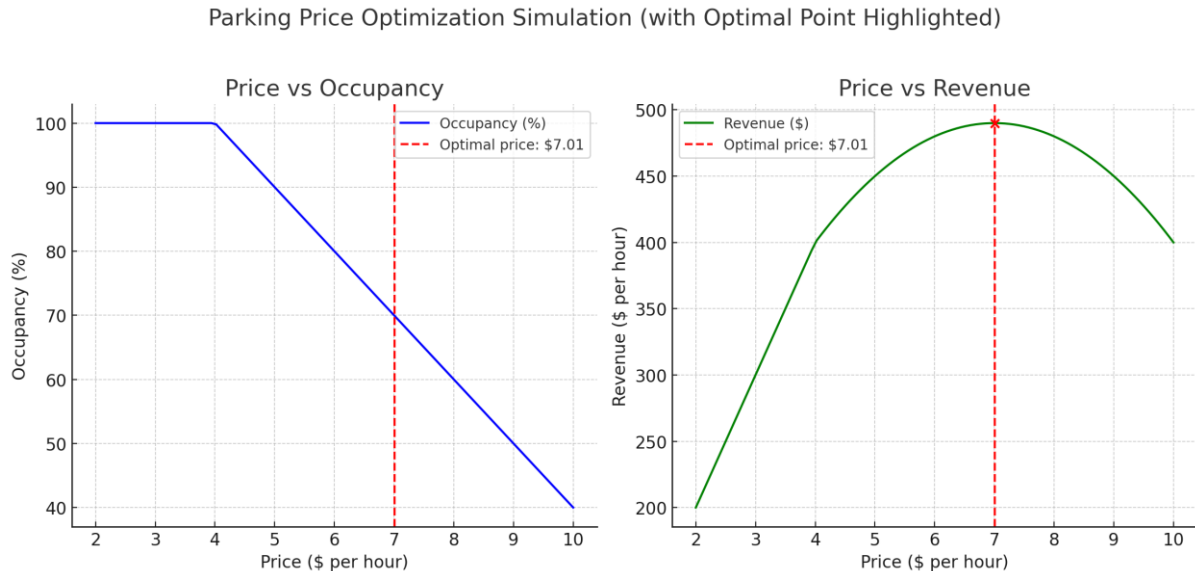
Тази функция показва колко от клиентите ще се запазят при промяна на цената. За повечето ситуации при паркиране търсенето се влияе от предлаганите условия, преди всичко цена, т.е. клиентите могат да изберат по-евтини алтернативи.



Фиг. 1. Зависимост на заетостта от цената

Графиката от фиг.1 в ляво показва как намалява заетостта при увеличаване цената на час, съответно графиката в дясно показва как се увеличават приходите при увеличаване цената на час. При \$5 на час имаме добра заетост (90%) - но съответно прихода не е максимален.

Симулацията на фиг.2 по-долу показва при каква стойност на цената на час можем да постигнем максимален приход и как това се отразява на заетостта.



Фиг. 2. Зависимост на печалбата от заетостта

Симулацията на приходите се извършва на база исторически данни относно заетостта. Получените резултати дават насоки за промените, които могат да бъдат направени в тарифата с цел оптимизация. Събирането на необходимите за анализа данни се прави чрез сензори и билетни системи. За всяка една транзакция се запазва входното време, времето на плащане, платената сума и съответната тарифа. Съществуващите транзакции за определен период се преизчисляват, като се използва новата тарифа на база съществуващите данни (входни и изходни времена) и след това се сравняват приходите.

## ЦЕНООБРАЗУВАНЕ

При определяне на цените могат да се използват различни подходи. Основните такива са постъпково и динамично. При постъпковото се подхожда по следните начини:

- според времето от деня - висока/ниска заетост. Практика е прилагането на отстъпка в цената за посетители в ранните часове (early bird).
- според продължителността – правят се различни отстъпки на база продължителност на престой. Пример: за първи час 7 лв, за всеки следващ по 5 лв, при над 6 часа - 40 лв за престой за деня.
- според деня от седмицата - различни тарифи за всеки ден от седмицата или една тарифа за работни дни и друга за почивните. Ако паркингът е в близост до офиси, високата тарифа се прилага в работните дни, а ниската съответно в почивните. Ако паркингът е близо до зони за развлечение, високата тарифа се прилага в почивните дни, а ниската в работните дни.
- празнични дни – обикновено, при празници се прилагат по-ниски цени или паркирането е безплатно.
- според местоположението – обикновено цената за паркиране в центъра е многократно по-висока от покрайнините.

При динамичното определяне на цените се използват следните пазарни подходи: намалени цени при ниска заетост и респективно, увеличени цени при висока заетост.

Пример:

Създават се три тарифи, както следва:

- Тарифа с ниска цена Т-Н (2 лева за час)
- Тарифа със средно висока цена Т-С (4 лева за час)
- Тарифа с висока цена Т-В (8 лева за час)

Дефинират се и съответстващите им прагове на заетост:

- Ниска заетост З - Н < 30% от капацитета на гаража
- Средна заетост З - С > 30% < 60% от капацитета на гаража
- Висока заетост З - В > 60% от капацитета на гаража

Обикновено това се представя в табличен вид, както е показано в табл.1.

Таблица 1. Тарифи при заетост

Заетост	Тарифа	Пояснение
Заетост < 30%	Т-Н (2 лева за час)	При заетост на паркинга под 30 % паркинга използва ниската тарифа
30% < Заетост < 60%	Т-С (4 лева за час)	При заетост между 30% и 60% паркинга прилага средната тарифа
Заетост > 60%	Т-В (8 лева за час)	При заетост над 60% се прилага най-скъпата тарифа

Съвременните паркинг системи са в състояние да прилагат различни тарифи въз основа на голям брой прагове на заетост. Предизвикателство си остава информирането на клиентите на паркинга за тарифата, по която ще бъдат таксувани.

## ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ПРИЛАГАНЕ НА AI МЕТОДИ

С мащабното навлизане на изкуствения интелект в почти всички области можем да направим проучване и за възможността за използването му при създаването на тарифи за паркиране. Някои от възможните инструменти за тази цел са AWS Sagemaker и средствата на Amazon Machine Learning Framework като цяло. При използване на автоматизация процесът преминава през следните фази: трениране, валидиране и използване на прогнозни модели. На етапа на трениране се събират данни от гаражите (относно цена за час, заетост и приход) и в последствие се подготвят за обработка от сървиса (S3 buckets csv)

```
s3://my-bucket/parking-data/train/data.csv
s3://my-bucket/parking-data/validation/data.csv
```

Следващата стъпка от първата фаза е избор на алгоритъм, фиг. 3. Някои от познатите алгоритми са: XGBoost, Linear Learner, DeepAR.

```

import sagemaker
from sagemaker.inputs import TrainingInput
from sagemaker.xgboost.estimator import XGBoost

session = sagemaker.Session()
role = "arn:aws:iam::<your-account-id>:role/<SageMakerExecutionRole>"

# S3 locations
train_s3 = "s3://my-bucket/parking-data/train/"
val_s3 = "s3://my-bucket/parking-data/validation/"

# XGBoost container
xgb = XGBoost(
    entry_point=None,
    framework_version="1.7-1",
    instance_type="ml.m5.large",
    instance_count=1,
    role=role,
    output_path="s3://my-bucket/parking-output/",
    base_job_name="parking-xgb"
)

```

Фиг. 3. Код за избор на алгоритъм

На фаза валидация се анализират ефектите от промяна на цена, фиг.4.

```

import joblib, pandas as pd
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score

# Load test data
df = pd.read_csv("test.csv")
X_test, y_test = df.drop("target", axis=1), df["target"]

# Load model
model = joblib.load("model.joblib")

# Predictions
y_pred = model.predict(X_test)

# Metrics
rmse = mean_squared_error(y_test, y_pred, squared=False)
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
print(f"RMSE: {rmse:.3f}, R²: {r2:.3f}")

```

Фиг. 4. Код на фаза валидация

Последната фаза представлява използване на конкретно избрания вече модел, фиг.5.

```
predictor = xgb.deploy(  
    initial_instance_count=1,  
    instance_type="ml.m5.large",  
    endpoint_name="parking-pricing-model"  
)
```

Фиг. 5. Код за използване на модела

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Необходимостта от системи за управление на паричните потоци в паркинг зоните в съвременните големи градове все повече нараства. Прогнозирането на оптимални бъдещи приходи, базирано на сравнителна симулация, е методология в областта на изкуствения интелект, която успешно може да се използва и за тези цели. Предходен опит на управляващите паркинги, съчетан с генерирани потенциални ситуации, може да бъде успешно използван за предоставяне под формата на препоръки на участниците в този процес.

Фазите трениране и избор на модел от процеса на автоматизация с използване на изкуствен интелект ще бъдат предмет на допълнителни проучвания. Използването на компютърен агент, който да събира опит като симулира възможни резултати и прави оценка на новото решение, е интересна тема, която също може да бъде предмет на следващи изследвания.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Този доклад се публикува с подкрепата на проект 2025-ФЕЕА-02 „Приложение на AI в различни професионални сфери: възможности, предизвикателства и етични въпроси“, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет „Ангел Кънчев“.

## REFERENCES

- Shoup, Donald. (2005). “The High Cost of Free Parking”, University of California Press
- Litman, Todd. (2006). “Parking Management Best Practices”, Victoria Transport Policy Institute
- AWS. (2025). Certified Machine Learning Engineer - Associate (MLA-C01): ML Model Development, <https://app.pluralsight.com/library/courses/aws-certified-machine-learning-associate-machine-learning-model-development/table-of-contents>
- Amazon SageMaker AI. (2025). <https://aws.amazon.com/sagemaker/ai/>