

# Імовірнісні характеристики процесу відтоку клієнтів на торговельних інтернет-майданчиках

студент 4-го курсу  
КА-43, Мірлас Тимур Вадимович

науковий керівник: к. ф.-м. н., доц., Ільєнко Андрій Борисович

Задача має практичний характер і є складовою частиною комплексу задач управління відносинами з клієнтами на таких підприємствах.

Результатом розв'язку задачі є:

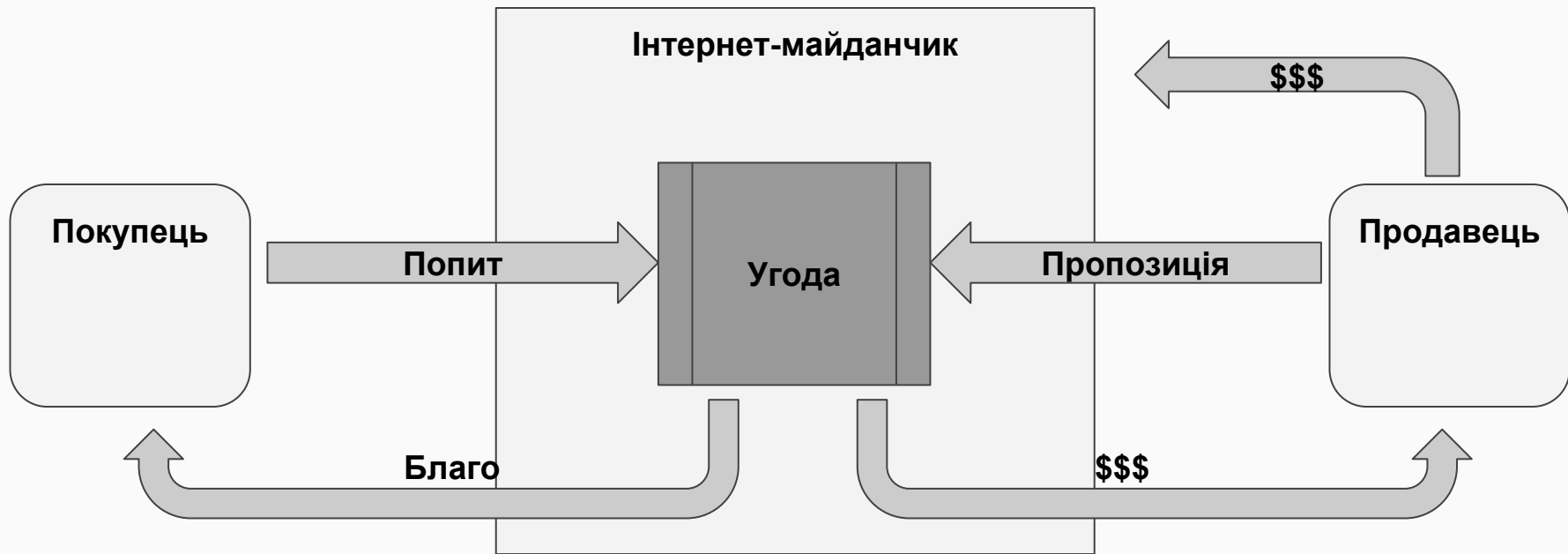
- Інтеграція інформаційних та комунікаційних систем у бізнес
- Віртуалізація окремих елементів виробничо-комерційної діяльності
- Зменшення витрат
- Підвищення розуміння потреб цільової аудиторії
- Оцінювання потенціалу конкретного клієнта для бізнесу

# Постановка задачі

- **Мета**                      Розробка аналітичного апарату для вирішення задачі утримання клієнтів торговельних інтернет-майданчиків
  
- **Предмет дослідження**                      Ймовірнісні характеристики процесу відтоку клієнтів торговельного інтернет-майданчика
  
- **Об'єкт дослідження**                      Клієнтська база торговельного інтернет-майданчика

## ➤ **Поставлені задачі**

1. Дослідити основні задачі економіко-математичного моделювання, що виникають на торговельних інтернет-майданчиках.
2. Створити модель процесу відтоку клієнтів торговельних інтернет-майданчиків.
3. Розробити програмну реалізацію моделі.
4. Провести імітаційне моделювання процесу відтоку за допомогою розроблених алгоритмів.



## Вхідні дані

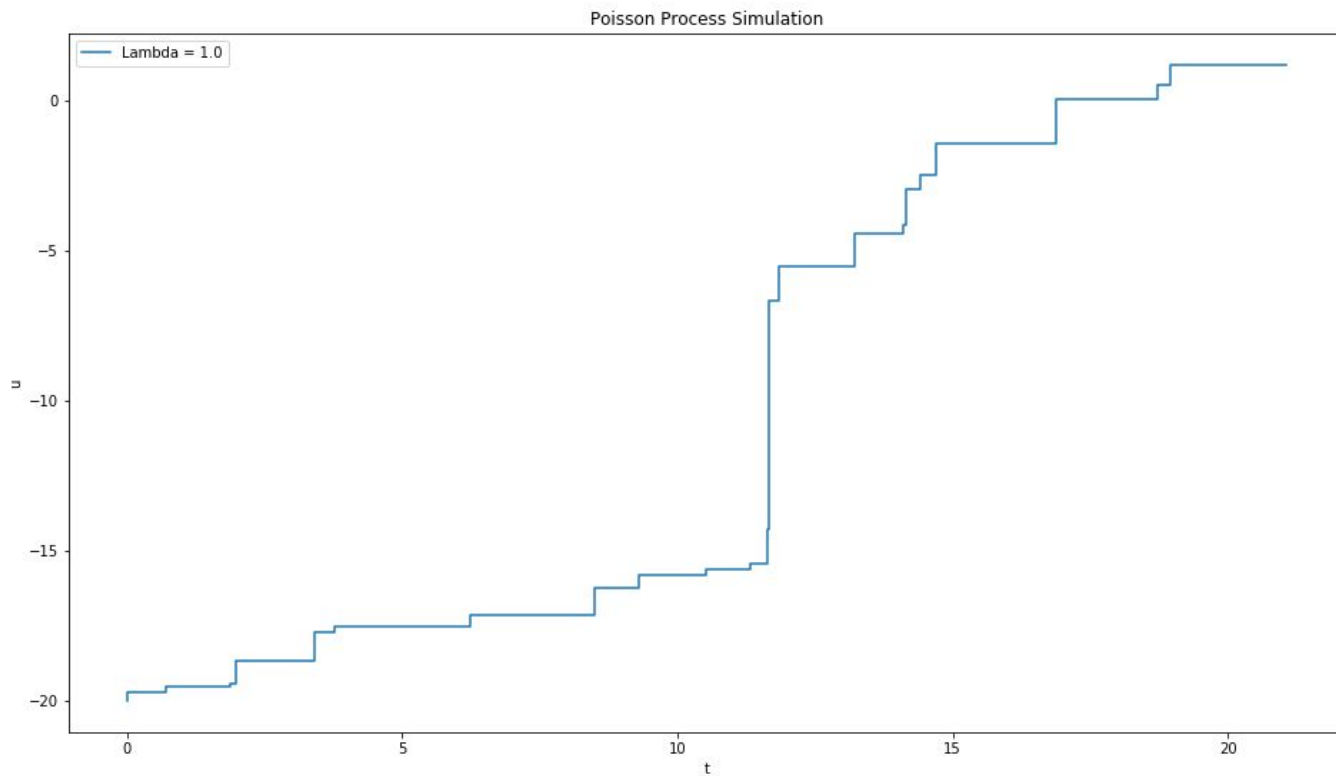
- $T_0$  – термін контракту
- $u_0$  – вартість контракту
- $X_i$  – величини замовлення на товари клієнта
  - $X_i$  – дискретно розподілені величини (випадок роздрібної торгівлі клієнта)
  - $X_i$  – неперервно розподілені величини (випадок оптової торгівлі клієнта)

## Вихідні дані

- $\mathbb{P}\{\sum_{i=0}^{N(T_0)} X_i \leq u_0\}$  – імовірність відтоку клієнта

## Основне припущення

- $N(t)$  – кількість замовлень (до моменту  $t$  включно)  
(поведінка покупців моделюється складеним процесом Пуассона)



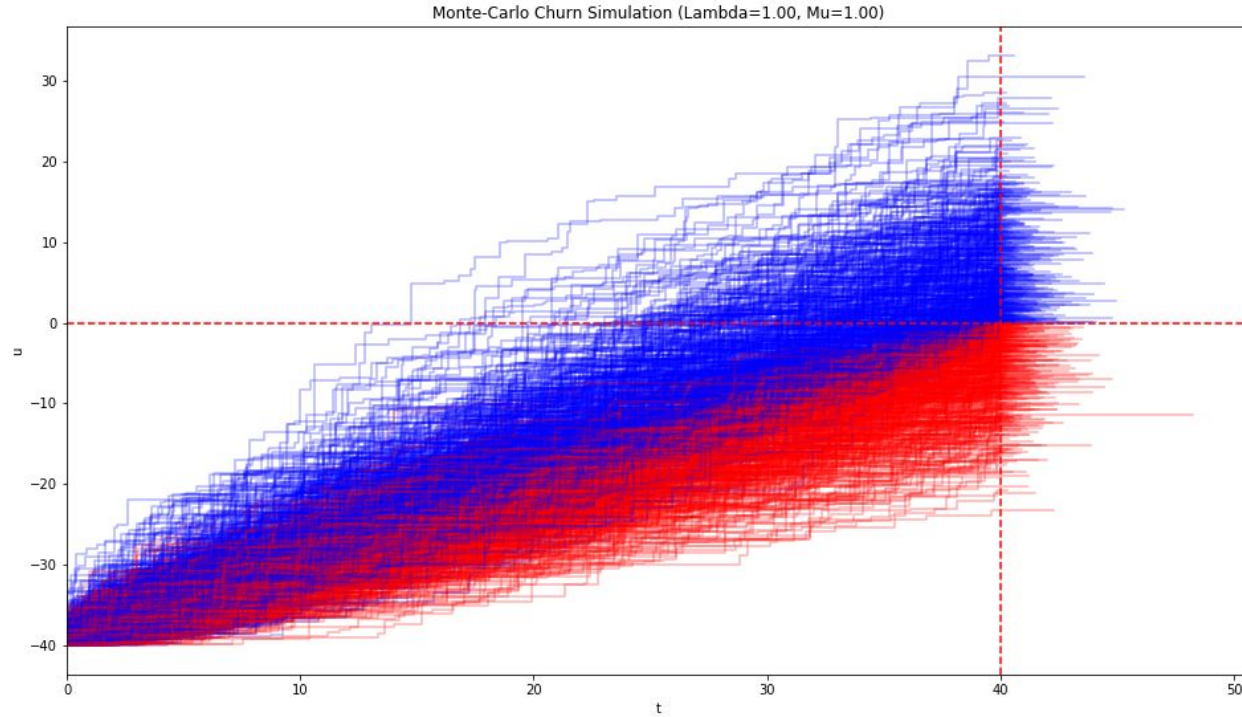
## Результати роботи (Метод Монте-Карло)

- Знаємо розподіл вартості замовлень  $X_i$
- $\sum_{i=1}^{N(T)} X_i$  – складений процес Пуассона  
 $N(T) \sim Poiss(\lambda(T))$
- $T_{i+1} - T_i \sim Exp(\lambda)$  – час між двома замовленнями
- можемо згенерувати випадкові траєкторії балансу –  
 $U = \{U_i(t) | i = 1..N, 0 \leq t \leq T_0\}$

- $$P_{churn} = \frac{\sum_i \mathbf{1}_{U_i(T_0) \leq 0}}{N}$$



# Результати роботи (Метод Монте-Карло)



# Результати роботи (відток клієнта-роздрібника)

$\vec{\xi} = (\xi_1, \xi_2) = \{\text{кількість товару в замовленні, ціна товару в замовленні}\}$

$(\xi_1, \xi_2)$	$a_1$	...	$a_n$
1	$p_{11}$	...	$p_{1n}$
...	...		
$m$	$p_{m1}$	...	$p_{mn}$

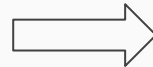
$\Rightarrow X_i = \xi_1 \xi_2$

Використовуючи формулу Адельсона і теорему про прорідження потоку Пуассона:

$$N_{ik}(T) \sim Poiss(\lambda_{ik}(T))$$

$$\lambda_{ik} = \lambda p_{ik}, i = 1..n, k = 1..m$$

$$R_{ik} = \frac{1}{k+1} \sum_{j=1}^{k+1} j \lambda_{ik} R_{i(k+1-j)}, R_{i0} = e^{-\sum_k \lambda_{ik}}$$

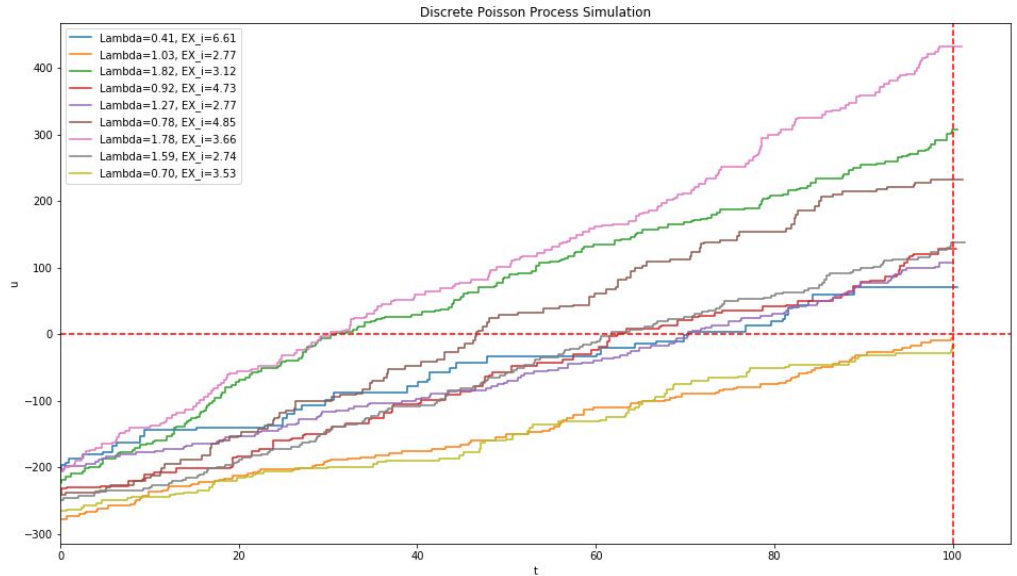


$$\mathbb{P}\left\{ \sum_{i=0}^{N(T_0)} X_i \leq u_0 \right\} = \sum_{i_1=0}^{\lfloor \frac{u_0}{a_1} \rfloor} R_{1i_1} \sum_{i_2=0}^{\lfloor \frac{u_0 - i_1 a_1}{a_2} \rfloor} R_{2i_2} \dots$$

$$\sum_{i_{n-1}=0}^{\frac{u_0 - \sum_{k=1}^{n-2} i_k a_k}{a_{n-1}}} R_{(n-1)i_{n-1}} \sum_{i_n=0}^{\frac{u_0 - \sum_{k=1}^{n-1} i_k a_k}{a_n}} R_{ni_n}$$

# Результати роботи (відток клієнта-роздрібника)

№	$\lambda$	$u_0$	$n$	$\mathbb{E}X_i$	$\mathbb{D}X_i$	Ймов. відтоку (рек. формула)	Ймов. відтоку (Монте-Карло)
1	0.413	215.253	2.000	6.609	7.605	0.102	0.068
2	1.026	279.199	1.000	2.774	0.788	0.438	0.366
3	1.820	224.257	3.000	3.125	1.301	0.000	0.000
4	0.922	241.498	3.000	4.727	5.159	0.000	0.000
5	1.266	205.674	2.000	2.766	0.007	0.000	0.000
6	0.779	247.626	1.000	4.850	1.986	0.001	0.002
7	1.785	210.538	1.000	3.656	1.800	0.000	0.000
8	1.585	251.188	1.000	2.735	0.000	0.000	0.000
9	0.704	270.862	3.000	3.529	1.630	0.765	0.704
10	0.107	218.608	1.000	5.207	6.643	1.000	1.000



## Результати роботи (відток клієнта-оптовика)

$\forall i : X_i \sim F_X$  – закон розподілу суми угоди (НВВ)

Для пошуку ймовірності відтоку будемо шукати розв'язок неоднорідного інтегрального рівняння Вольтерра II-го роду вважаючи, що  $\mathbb{P}\{\sum_{i=0}^{N(T_0)} X_i \leq u_0\} = \phi(T_0, u_0)$  :

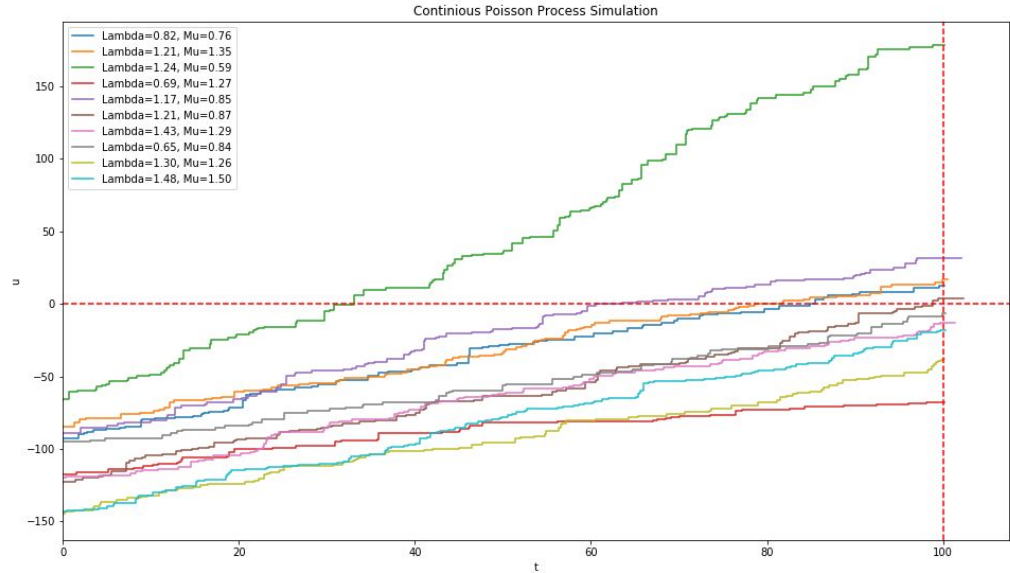
$$\phi(T_0, u_0) = \int_0^{T_0} \int_0^{u_0} \phi(s, x) f(u_0 - x) \lambda e^{-\lambda(T_0 - x)} dx ds + e^{-\lambda T_0}$$

де  $f(x)$  – функція щільності ймовірності розподілу  $F_X$ ;

$\lambda$  – інтенсивність пуассонівського потоку  $N(t)$ .

# Результати роботи (відток клієнта-оптовика)

№	$\lambda$	$u_0$	$\mu$	Ймов. відтоку (метод кубатур)	Ймов. відтоку (Монте-Карло)
1	0.82	93.17	0.76	0.16	0.12
2	1.21	85.56	1.35	0.31	0.35
3	1.24	67.34	0.59	0.01	0.00
4	0.69	117.49	1.27	1.00	1.00
5	1.17	92.97	0.85	0.05	0.00
6	1.21	123.42	0.87	0.21	0.16
7	1.43	120.46	1.29	0.81	0.76
8	0.65	98.74	0.84	0.84	0.90
9	1.30	146.64	1.26	0.92	1.00
10	1.48	143.60	1.50	0.96	1.00



1. Сформульовано математичну модель з необхідними для розв'язку обмеженнями та припущеннями.
2. Для спрощення розв'язку було виконано декомпозицію задачі на два випадки: роздрібної та оптової торгівлі клієнтів.
3. Було наведено порівняльну характеристику точних аналітичних та чисельних наближених методів пошуку ймовірності відтоку.
4. Було розроблено статистичний програмний модуль, за допомогою якого було виконано імітаційне моделювання відтоку клієнтської бази інтернет-майданчика.

1. Модифікація програмних методів для випадку змінної інтенсивності замовлень.
2. Оцінка прибутку клієнта з інших непрямих джерел та в умовах неповноти та невизначеності.
3. Моделювання прибутку клієнта у вигляді складеного процесу Пуассона з сумішшю експоненційних розподілів вартості замовлень на товари різних категорій.
4. Створення функціоналу по запобіганню відтоку шляхом підвищення інтенсивності замовлень за допомогою рекламних кампаній чи зміні у ранжуванні.

Дякую за увагу