УДК 004.942

Павлов Д. Г.

ТЕОРЕТИКО-ІГРОВІ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ УЧАСНИКІВ КОНТЕКСТНОЇ РЕКЛАМНОЇ КАМПАНІЇ

В статті розглядається взаємодія учасників процесу проведення контекстної рекламної кампанії в мережі Інтернет, визначаються стратегії їх поведінки. В систему вводиться новий гравець – альтруїст.

Ключові слова: *Інтернет-реклама, склікування, теорія ігор.*

В статье рассматривается взаимодействие участников процесса проведения контекстной рекламной кампании в сети Интернет, определяются стратегии их поведения. В систему водится новый игрок – альтруист.

Ключевые слова: *Интернет-реклама, скликивание, теория игр.*

Paper concerns interaction between participants of the contextual advertising process. Author defines participants' behavior strategies and introduces a new player – an altruist.

Key words: *Internet advertising, clicking, game theory.*

Вступ

Реклама є необхідним елементом маркетингової політики будь-якої комерційної організації. Серед широкого різноманіття способів рекламування контекстна реклама в мережі Інтернет є однією з найефективніших, оскільки використовує в якості свого носія найбільше джерело інформації та є максимально направленою на аудиторію потенційних клієнтів. Бюджети рекламних кампаній в мережі також є набагато нижчими за відповідні показники рекламних систем в традиційних ЗМІ. Все це підвищує популярність контекстних рекламних кампаній серед рекламодавців.

Оплата реклами в мережі здійснюється за однією із трьох можливих схем: CPM, CPC та CPA, що передбачають оплату відповідно кожної тисячі показів оголошення, кожного переходу (кліку) по рекламному посиланню або здійснення користувачем деякої заздалегідь визначеної дії. Модель CPC є найпоширенішою.

Процес проведення рекламної кампанії в мережі може бути віднесений до класу Інтерактивних ігор із дуже великою кількістю гравців (MMOG – massively multiplayer online games) [1], оскільки в ньому стикаються багато учасників із різними або навіть протилежними інтересами. Матеріальна зацікавленість окремих сторін призводить до зростання рівня шахрайства в системі. Зокрема, рекламні кампанії, що використовують схему CPC, є вразливими до специфічного різновиду шахрайства – склікування, коли імітується клік по рекламному оголошенню із метою зняття з відповідного рекламодавця плати за здійснений перехід.

Генерування штучних (недійсних) кліків може бути вигідним для таких учасників системи як конкурент рекламодавця, видавець (власника сайту, на якому розміщуються рекламні повідомлення) тощо. Відомо, що рівень недійсних кліків в системі є достатньо високим. Приміром, за даними компанії Adometry в четвертому кварталі 2010 р. він склав 19,1 % від усіх переходів [2]. Саме тому дослідження в цій галузі є актуальними.

Аналіз літератури по темі дослідження

Формалізація процесу проведення контекстної рекламної кампанії в мережі привернула увагу багатьох дослідників. Зокрема, в роботі [3] було описано узагальнений аукціон другої ціни, що в чистому вигляді використовується системою Yahoo! та із деякими змінами системою Google для визначення позиції кожного оголошення. Декілька робіт [3-5] присвячено пошуку рівноважних станів системи.

Окрема група статей розглядають можливі варіанти оптимізації схеми аукціону із метою підвищення прибутків суб'єктів системи. В [6] розглянуто доцільність зміни критерію розміщення оголошень зі ставки рекламодавців на потенційну здатність оголошень приносити найвищі прибутки. Автори роботи [7] запропонували нову більш чесну з точки зору рекламодавця модель проведення аукціону, а в роботі [8] показано, що застосування елементів випадкового вибору замість стандартного розташування оголошень в порядку зменшення їх ставки за клік, може підвищити доходи пошукової мережі.

В статтях [9; 10] вводиться новий учасник процесу проведення контекстної реклами – постачальник Інтернет-послуг. Взаємодія рекламних посилань та звичайних результатів пошуку розглянута в [11]. Автори робіт [12; 13] моделюють можливі стратегії поведінки видавців та рекламодавців, визначають, за

яких умов їм вигідно займатися склікуванням. Теоретико-ігровий аналіз системи, проведений в [14] доводить, що інвестування в розробку систем захисту від мережевого шахрайства підвищує загальні прибутки пошукових мереж в довгостроковому періоді.

Постановка завдання

Метою даної роботи є розробка теоретико-ігрових моделей поведінки учасників процесу проведення контекстної рекламної кампанії в мережі Інтернет, а також введення в систему нового гравця – альтруїста. Подібні моделі є необхідними для більш глибокого розуміння цілей діяльності кожного суб'єкта і системи взаємозв'язків між ними, та можуть в подальшому використовуватися для визначення наявності шахрайства в мережі.

Схема проведення рекламної кампанії в мережі. Узагальнений аукціон другої ціни

Контекстні рекламні повідомлення розміщуються серед результатів пошуку по релевантним (відповідним за змістом) ключовим словам або на суміжних за тематикою сайтах (сайти-партнери). Під час реєстрації рекламодавця в системі Інтернет-реклами він визначає ключові слова, на показ за якими будуть претендувати його оголошення, ставку за клік (максимальна сума, яку рекламодавець згоден платити за один перехід по рекламному посиланню) та розмір денного бюджету (сума, яку рекламодавець згоден платити за Інтернет-рекламу впродовж однієї доби). У разі вичерпання денного бюджету оголошення перестають демонструватися.

Коли користувач вводить пошукове слово або переглядає один із сайтів-партнерів, пошукова мережа проводить аукціон для визначення конкретної позиції кожного з оголошень, що претендують на даний показ. Наразі для цього використовується узагальнений аукціон другої ціни, що розміщує оголошення в порядку спадання їх максимальної ставки за клік. Якщо користувач натискає на рекламне повідомлення, з відповідного рекламодавця стягується плата, що є мінімально необхідною для отримання оголошенням поточної позиції (ставка наступного рекламодавця плюс деяка фіксована сума). Таким чином, корисність перебування оголошення на позиції i для рекламодавця може бути виражена наступною формулою:

$$P^{Ad}_{i,g(i)} = \beta_{g(i)}\alpha_i\left(s_{g(i)} - b_{i+1}\right), \tag{1}$$

де $g(i)$ – ідентифікатор гравця на позиції i; $\beta_{g(i)}$ – показник CTR, що представляє собою відношення кількості кліків по оголошенню до загальної кількості показів та відображає ймовірність натискання користувачем на рекламне посилання; α_i – очікувана кількість кліків по оголошенню, що розташовано на позиції i; $s_{g(i)}$ – прибуток, який рекламодавець отримує від одного переходу по оголошенню; b_{i+1} – ставка за клік наступного за позицією рекламодавця.

Оскільки система є дуже динамічною (рекламодавці можуть змінювати свої ставки в будь-який момент) в її рамках розглядається спеціальні різновиди рівноваги Неша. Наприклад, локально-стійка рівновага [3], що представляє собою набір стратегій, за яких рекламодавець не може збільшити свого виграшу шляхом переміщення на одну позицію вгору. Умовою рівноважного стану є наступна нерівність:

$$P^{Ad}_{i-1,g(i)} \le P^{Ad}_{i,g(i)}. \tag{2}$$

Підставивши в формулу (2) відповідні вирази із формули (1) отримаємо $\beta_{g(i)}\alpha_{i-1}\left(s_{g(i)} - b_i\right) \le$ $\le \beta_{g(i)}\alpha_i\left(s_{g(i)} - b_{i+1}\right)$ або $\alpha_{i-1}\left(s_{g(i)} - b_i\right) \le \alpha_i\left(s_{g(i)} - b_{i+1}\right)$. Тобто умова локально-стійкої рівноваги не залежить від β.

Аукціон, що використовуються пошуковою мережею Google, розміщує оголошення в порядку зменшення їх рангу, який представляє собою добуток ставки рекламодавця на показник якості рекламного повідомлення $\gamma_{g(i)}$. Останній залежить від таких параметрів як показник CTR, якість цільової сторінки, релевантність ключового слова оголошенню, показники географічного налаштування рекламної кампанії тощо. Конкретні розрахункові формули постійно змінюються [15]. При натисканні на оголошення з рекламодавця стягується мінімальна сума x_i, що задовольняє умові

$$\gamma_{g(i)}x_i \ge \gamma_{g(i+1)}b_{g(i+1)},$$

тобто $x_i \ge \gamma_{g(i+1)}b_{g(i+1)}/\gamma_{g(i)}$. Умова локальної стійкої рівноваги матиме вигляд:

$$\forall i, j > i, \quad \alpha_i\beta_{g(i)}\left(s_{g(i)} - \gamma_{g(i+1)}b_{g(i+1)}/\gamma_{g(i)}\right) \ge \alpha_j\beta_{g(i)}\left(s_{g(i)} - \gamma_{g(j+1)}b_{g(j+1)}/\gamma_{g(i)}\right).$$

Стратегії поведінки учасників процесу

Учасниками процесу проведення контекстної рекламної кампанії є:

- пошукова мережа (Search Engine);
- рекламодавець (Advertiser);
- рекламне агентство (Advertising Agency);
- конкурент рекламодавця (Competitor);
- видавець (Publisher);
- постачальник Інтернет-послуг (Internet Service Provider, ISP);
- клієнт – людина, яка переглядає рекламні повідомлення (Client);
- незалежний зловмисник (Independent Fraudster).

Метою діяльності майже кожного з зазначених гравців є максимізація власних прибутків. Приміром, пошукова мережа отримує плату за кожен згенерований перехід по рекламному оголошенню. Функція виграшу пошукової мережі під час показу набору оголошень має такий вигляд:

$$P^{SE} = \sum_{i=1}^{N} \beta_{g(i)} \alpha_i b_{i+1} + \sum_{k=1}^{\bar{r}} b_k ,$$

де N – кількість позицій, що відводяться для демонстрації оголошень, $\bar{r}$ – кількість недійсних кліків, що були визнані дійсними, b_k – плата за відповідний недійсний клік. На перший погляд здається, що відфільтровування недійсних кліків є невигідним для пошукової мережі, оскільки, визначаючи деякий клік як недійсний, пошукова мережа втрачає плату за нього. Проте, в роботі [14] показано, що підвищення рівня шахрайства зменшує зацікавленість рекламодавців і призводить до загального зниження рівня прибутків пошукових мереж.

Природнім бажанням рекламодавця є підвищення рентабельності вкладених в рекламу інвестицій, тобто максимізація функції вигляду:

$$\max_i P_l^{Ad} = \sum_{j=1}^{m} \beta_l \alpha_i^j \left(s_l - b_{i+1}^j \right) - \sum_{k=1}^{\bar{r}} b_{i+1}^k \tag{3}$$

$$r + \bar{r} \le B_l / x , \tag{4}$$

де l – ідентифікатор рекламодавця; m – кількість показів оголошень рекламодавця l; r – кількість дійсних кліків по оголошенням рекламодавця, $\bar{r}$ – кількість недійсних кліків, B_l – розмір денного бюджету рекламодавця, x – середня плата за клік. Таким чином, перший доданок в формулі (3) відображає прибуток рекламодавця від перегляду оголошень в мережі потенційними клієнтами, а другий – збитки від склікування. Умова (4) є наслідком обмеженості денного бюджету. Якщо рівень шахрайства в системі є дуже високим і $P^{Ad} < 0$, то рекламодавцеві не вигідно продовжувати свою рекламну кампанію в мережі, як наслідок, він виходить із системи.

Зрозуміло, що чим вищою є позиція оголошення, тим більше ймовірність переходу по ньому. Тому, для збільшення значення функції виграшу (3) деякі рекламодавці можуть склікувати оголошення своїх конкурентів. Як вже зазначалось, після вичерпування денного бюджету рекламної кампанії відповідні оголошення перестають демонструватися, а, отже, кількість учасників аукціону теж зменшується. Тому, для того, щоб зайняти вищу позицію, рекламодавцеві достатньо згенерувати відповідну кількість недійсних кліків. Функція виграшу у випадку склікування оголошення конкурента, що розташоване на одну позицію вище, матиме такий вигляд:

$$\max_i P_l^{Ad} = \sum_{j=1}^{m} \beta_l \alpha_i^j \left(s_l - b_{i+1}^j \right) - \sum_{k=1}^{\bar{r}} b_{i+1}^k - L\left(\bar{r}_{i-1}\right).$$

Функція $L(\bar{r})$ відображає витрати на генерацію $\bar{r}$ недійсних кліків. Оскільки ймовірність визначення шахрайства стрімко зростає із збільшенням $\bar{r}$, стратегія їх генерації повинна ставати все складнішою. Тому можна вважати, що функція $L(\bar{r})$ є опуклою. Кількість недійсних кліків, які необхідно згенерувати для вичерпання бюджету рекламодавця, оголошення якого знаходяться на позицію вище, становить:

$$\bar{r}_{i-1} = B_{i-1} / b_i .$$

Процес проведення якісної рекламної кампанії є достатньо складним, та вимагає деяких спеціальних знань і навичок. Саме тому, в якості посередника між рекламодавцем та пошуковою мережею може витупати рекламне агентство, яке бере на себе налаштування параметрів рекламної кампанії та отримує за це деяку плату. Зазвичай, рекламне агентство отримує винагороду за якість просування, тому його прибуток можна відобразити як деяку частку η від прибутку рекламодавця:

$$P^{AA} = \eta P^{Ad} .$$

Для збільшення доходів рекламодавця, а, отже, і власних прибутків, рекламне агентство теж може використовувати склікування.

Видавець укладає угоду з пошуковою мережею щодо розміщення оголошень на його сайті та отримує частку θ від прибутку пошукової мережі за кожен клік на сайті (P_{site}^{SE}). Загальний дохід видавця становить:

$$P^{Pub} = \theta P_{site}^{SE} . \tag{5}$$

Для підвищення рівня кліків на сайті видавець може вкладати в нього додаткові ресурси, привертаючи таким чином увагу більшої кількості користувачів, або генерувати недійсні переходи. Тоді формула (5) матиме такий вигляд:

$$P^{Pub} = \theta \left(\sum_{k=1}^{r} b_k + \sum_{l=1}^{\bar{r}} b_l \right) - M\left(r\right) - L_{site}\left(\bar{r}\right),$$

де r та $\bar{r}$ – кількість дійсних та недійсних кліків на сайті, b_k та b_l – плата за відповідні кліки, $M(r)$ – витрати видавця на залучення достатньої кількості відвідувачів для генерування r дійсних кліків, $L_{site}(\bar{r})$ –

витрати видавця на генерацію $\bar{r}$ недійсних кліків. Як і у випадку із рекламодавцем, ймовірність визначення наявності шахрайства стрімко збільшується із підвищенням рівня недійсних кліків, тому функція $L_{site}(\bar{r})$ є опуклою.

Згідно [9] постачальник Інтернет-послуг (ISP) володіє деякою специфічною інформацією щодо уподобань своїх клієнтів, яка може бути використана пошуковими мережами для більш точного налаштування рекламних кампаній. Ця інформація може надаватись за деяку додаткову плату зі сторони пошукової мережі. Також ISP може інтерактивно змінювати вміст Інтернет-сторінок, зокрема, рекламні посилання. Вибір конкретної стратегії поведінки ISP залежить від того, яка з них принесе більші прибутки. В роботі [10] також відзначено, що постачальник Інтернет-послуг має більші можливості для визначення шахрайства в системі контекстної реклами, зокрема, визначення наявності клік-ботів (спеціального програмного забезпечення для склікування, що вражає комп'ютери користувачів та дистанційно керується веб-майстром). Це означає, що, якщо пошукова мережа хоче ефективно боротися із шахрайством, їй варто укладати відповідні угоди із ISP.

Метою діяльності клієнта є пошук необхідної інформації, тому корисність одного переходу по рекламному оголошенню для клієнта буде пропорційна релевантності відповідного оголошення пошуковому запиту. Оскільки показник якості оголошень компанії Google найкращим чином відображає потенційну відповідність рекламного повідомлення інтересам користувачів, він може використовуватися для моделювання функції виграшу клієнту, яка, при здійсненні m переходів матиме наступний вигляд:

$$P^{Cl} = \sum_{i=1}^{m} \gamma_i .$$

Метою діяльності незалежного зловмисника є навмисне нанесення збитків окремим гравцям системи. Приміром, дехто може склікувати оголошення для підриву іміджу пошукової мережі, або руйнування ринку окремих товарів та послуг. Незалежний зловмисник намагається максимізувати наступний вираз:

$$P^{InFr} = Q(\bar{r}) - L(\bar{r}),$$

де $Q(\bar{r})$ та $L(\bar{r})$ – корисність та вартість генерації $\bar{r}$ недійсних кліків. Функція $Q(\bar{r})$ матиме різний вигляд в залежності від конкретних мотивацій зловмисника. Проте, для нанесення відчутних збитків іншим учасникам, рівень склікування повинен бути достатньо високим. Тому функція $Q(\bar{r})$ в загальному випадку є вгнутою.

Альтруїст – новий гравець в системі контекстної реклами

Згідно [16] в сучасних економіках багатьох держав все більшу роль відіграють некомерційні організації, метою діяльності яких є не самозбагачення, а забезпечення соціально-незахищених верств населення доступними товарами та послугами. Зрозуміло, що подібні організації можуть просуватися за допомогою реклами в мережі Інтернет. Метою їх діяльності є залучення найширшої аудиторії потенційних клієнтів, що може бути забезпечено за рахунок займання оголошеннями перших позицій. Функція виграшу альтруїста матиме наступній вигляд:

$$P^{Alt} = \gamma \sum_{i=1}^{t} \alpha_i ,$$

де t – загальна кількість показів оголошення альтруїста, α_i – ймовірність переходу по оголошенню під час i-го показу (залежить від позиції оголошення при показі), γ – показник якості оголошення альтруїста.

Такий гравець може частіше за інших ставати жертвою склікування, оскільки має таку беззаперечну перевагу в конкурентній боротьбі, як нижча ціна продукції.

Висновки

В даній роботі було розглянуто взаємодію учасників процесу проведення контекстної рекламної кампанії в мережі, визначено загальний вигляд функцій виграшу гравців. Автор також запропонував ввести в систему нового гравця –альтруїста, головною метою діяльності якого, на відміну від інших, є не самозбагачення, а досягнення соціального добробуту.

Серед перспектив подальшого дослідження є експериментальне встановлення конкретного вигляду деяких функцій побудованої моделі, зокрема функції витрат на генерацію недійсних кліків для окремих суб'єктів системи $L(\bar{r})$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Virtual Worlds and Fraud: Approaching Cybersecurity in Massively Multiplayer Online Games / J. Bardzell, M. Jakobsson, S. Bardzell et al. // Proceedings of DiGRA 2007 Conference. – 2007. – P. 451–742.
2. Click Fraud Rate Drops to 19.1 Percent in Q4 2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.adometry.com/media/press/release.php?id=1.
3. Edelman B. Internet Advertising and the Generalized Second Price Auction: Selling Billions of Dollars Worth of Dollars Worth of Keywords / B. Edelman, M. Ostrovsky, M. Schwarz // American Economic Review. – 2007. – Vol. 97. – P. 242–259.
4. Bu T. Dynamics of Strategic Manipulation in Ad-Words Auction / T. Bu, X. Deng, Q. Qi // Proceedings of the 3rd Workshop on Ad Auctions, Banff, Canada. – 2007.

5. Varian H. Position Auction / H. Varian // International Journal of Industrial Organization. – 2007. – Vol. 25. – P. 1163–1178.
6. Maille P. On the Ranking Strategy in Adword Auctions [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.irisa.fr/dionysos/pages_perso/tuffin/Publis/search-engines-ranking-RCR-ITNG.pdf
7. Aggarwal G. Truthful Auctions for Pricing Search Keywords / G. Aggarwal, A. Goel, R. Motwani // EC '06 Proceedings of the 7th ACM Conference on Electronic Commerce. – 2006. – P. 1–7.
8. Maille P. On the Interest of Introducing Randomness in Ad-word Auctions / P. Maille, B. Tuffin // Information and Communication Technology. – 2010. – Vol. 327. – P. 229–240.
9. Security Games in Online Advertising: Can Ads Help Secure the Web? / N. Vratonjic, M. Raya, J.-P. Hubaux et al. // Workshop on the Economics of Information Security (WEIS 2010). – 2010.
10. ISPs and Ad Networks against Botnet Ad Fraud / N. Vratonjic, M. Manshaei, M. Raya et al. // Lecture Notes in Computer Science. – 2010. – Vol. 6442. – P. 149–167.
11. Katona Z. The Race for Sponsored Links: Bidding Patterns for Search Advertising / Z. Katona, M. Sarvary // Marketing Science. – 2010. – Vol. 29. – No. 2. – P. 199–215.
12. Asdemir K. An Economic Model of Click Fraud in Publisher Networks / K. Asdemir, O. Yurtseven, M. A. Yahya // International Journal of Electronic Commerce. – 2009. – Vol. 13. – No. 2. – P. 61–89.
13. Wilbur K. Click Fraud / K. Wilbur, Y. Zhu // Marketing Science. – 2009. – Vol. 28. – No. 2. – P. 293–308.
14. Mungamuru B. Should Ad Networks Bother Fighting Click Fraud? (Yes, They Should.) / B. Mungamuru, S. Weis, H. Garcia-Molina // Stanford, Technical Report. – 2008. – 34 p.
15. Справка – AdWords. Что такое показатель качества в AdWords и как он рассчитывается? [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://adwords.google.com/support/aw/bin/answer.py?hl=ru&answer=10215.
16. Mixed oligopoly with consistent conjectures / V. Kalashnikov, V. Bulavsky, I. Kalashnykova et al. // European Journal of Operational Research. – 2010. – Vol. 210. – No. 3. – P. 729–735.

© Павлов Д. Г., 2011

Стаття надійшла до редколегії 22.04.2011 р.