

УДК 336.4:519.86

О.Г. Гришин, О.С Біліловец

Моделювання сервісів електронної платіжної системи обмеженої керованості

Дана робота є логічним продовженням та доповненням статті Гришина О.Г. та Біліловця О.С. «Математична модель електронної платіжної системи як об'єкту керування», в якій розглядалися особливості функціонування і можливості моделювання роботи електронних платіжних систем. В першій частині статті автори проаналізували механізм надання додаткових послуг та запропонували два варіанта моделей для опису надходжень від сервісів, розглядаючи їх як окремі контур потокової моделі електронної платіжної системи. В другій частині автори зупиняються на керованості, як одній із властивостей об'єкту керування, та визначають обмеження для керуючих впливів до запропонованої раніше моделі. Результатом дослідження існуючих обмежень став елементарний алгоритм керування.

Ключові слова. електронна валюта, електронна платіжна система, додаткові сервіси, математична модель, об'єкт керування, обмеження на керуваннях, алгоритм керування.

This work is a logical extension and complements of article «A mathematical model of the electronic payment system as control object» by O. Gryshyn and O. Bililovets, which cover the features of the functioning and the possibility of modeling the work of electronic payment systems. In the first part of this article authors analyzed the mechanism of providing extended services and offered two models for the description of revenue from additional services, treating them as a separate circuit of flow model of electronic payment system. In the second part of this article authors contemplate controllability, as one of the properties of control objects and determine control contingencies to previously proposed model of electronic payment system. The study of existing contingencies became simple control algorithm.

Keywords. *electronic money, electronic payment system, extended services, mathematical model, control object, control contingencies, control algorithm.*

Вступ. Прийняття НБУ Постанови №178 від 25 червня 2008 року «Про затвердження Положення про електронні гроші в Україні» фактично змінило ринок електронних платіжних систем в Україні – можливість розвивати ЕПС мають тепер виключно банки. Але банки не мають досвіду впровадження і використання таких систем. В той самий час банки дуже прискіпливо відносяться до фінансових показників – фактичних та потенційних. Тому дана робота має неабиякий практичний інтерес в умовах прийняття зазначеної вище Постанови.

В своїй попередній статті «Математична модель електронної платіжної системи як об'єкту керування» [1] ми показали, як загалом можна підійти до проблеми моделювання електронних платіжних систем. Але, крім того, ми зазначили, що представлені шляхи моделювання являють собою основу для подальшого кількісного та якісного розвитку, ускладнення системи задля підвищення її адекватності. Таким чином, отримання певних результатів в [1] дозволяє нам перейти до більш різнобічного аналізу представленої моделі, а саме поглибити вивчення деяких її фізичних та економічних аспектів.

Відносно запропонованої нами моделі електронної платіжної системи, то в ній вже були розглянуті основні послуги, які надає система, а саме: емісія, погашення та проведення внутрішніх транзакцій. Тому, на даному етапі, було б логічно зосередитись на опису додаткових послуг ЕПС та розробити математичну модель, яка б описувала

економічний ефект, від введення та функціонування таких послуг (сервісів) в платіжній системі. Причому, розроблена модель повинна відповідати на ряд питань, як то, наприклад, за яких умов додаткові сервіси будуть ефективними, які чинники впливають на ефективність сервісів, як врахувати суб'єктивний фактор вибору додаткових послуг користувачами (адже очевидно, що не кожному клієнту сервіси будуть вигідними), як можна керувати надходженнями від додаткових сервісів (тобто, що буде виступати в якості керуючого впливу) і, нарешті, чи необхідні взагалі додаткові послуги платіжній системі. Загальним підсумком повинен стати розширений варіант запропонованої в [1] моделі, що описує надання основних послуг ЕПС, доповнений отриманими результатами поточного дослідження, щодо моделювання додаткових сервісів платіжної системи.

Крім того, важливою частиною при розв'язанні задач керування та дослідженні поведінки різноманітних об'єктів керування, є визначення здатності даної системи бути керованою. В цій статті ми будемо користуватися визначенням поняття керованості, яке було введено Калманом [2], в сенсі переводу системи із будь-якого (нульового) стану в певний момент часу в будь-який інший стан за скінченний проміжок часу. А в цьому контексті необхідно визначити обмеження керованості (обмеження на керуваннях) для запропонованої раніше моделі електронної платіжної системи, розглянувши їх як з суто теоретичної точки зору, запропонувавши математичну інтерпретацію, так і з практичної, відповідно до економічних, соціальних та правових реалій.

Постановка задачі. Визначити поняття сервісів як джерел фінансового потоку і запропонувати математичну

модель, яка б описувала економічний ефект від введення та функціонування сервісів в електронній платіжній системі. Розглянути поняття керованості в контексті аналізу електронних платіжних систем, та визначити обмеження для керуючих впливів. Спираючись на визначені обмеження запропонувати можливий алгоритм керування.

Моделювання сервісів платіжної системи.

Нагадаємо, що в загальному вигляді, схема розподілення вхідних та вихідних потоків, виглядає так, як показано на рис. 1. Причому, згідно із викладеними в [1] основними гіпотезами в запропонованій моделі ми розглядали лише фінансові потоки, які виникають при роботі з клієнтами, тобто, купівля-продаж електронної валюти, оплата

Решта ж потоків (в тому числі і вихідних – потоків витрат) була зафіксована на сталому рівні. Але подальше дослідження предметної області показало, що дохідність транзакцій.

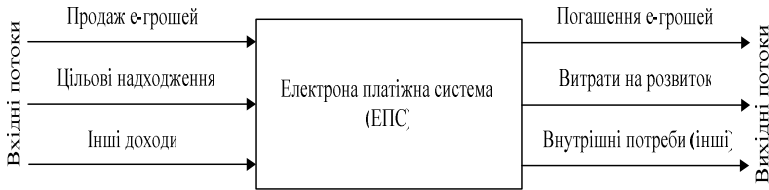


Рис. 1. Загальне представлення вхідних та вихідних потоків електронної платіжної системи

ЕПС пов'язана не тільки із основною діяльністю, а й з наданням певних додаткових послуг користувачам системи – т.зв. сервісів. Модифікуємо схему (рис. 1) ввівши ще пару (вхідний та вихідний) потоків, пов'язаних із наданням різноманітних сервісів клієнтам-користувачам системи (рис. 2).

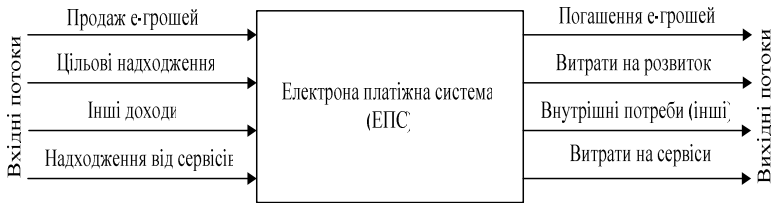


Рис. 2. Виділення потоків пов'язаних із доходами та витратами на сервісі

Тепер розберемося, що саме ми будемо розуміти під терміном «сервіс». Ми розглядаємо сервіс як платну послугу, яка надається користувачу платіжною системою. З точки зору клієнта сервіс фактично є вигодою при користуванні певними (зазвичай, однотипними) послугами, або можливістю за певну плату полегшити свою роботу, переклавши частину функцій на автоматику ЕПС. Стосовно платіжних систем можна виділити такі основні види сервісів:

- пакетне обслуговування (дисконти, знижки);
- регулярні платежі (автоматичне списання коштів);
- додаткові (деталізація всіх проведених операцій, відновлення доступу до клієнтського рахунку).

З точки зору системи, реалізований сервіс має на меті максимізацію прибутку або залучення нових клієнтів. Відповідно до поставленої мети сервіс може буде спрямований на вже існуючих або ж на потенційних клієнтів, але в будь-якому випадку сервіс підвищує привабливість системи для користувачів. Дохід, отриманий від надання сервісу повинен перебивати затрати на його розробку та впровадження з одного боку, і бути вигідним для клієнта з іншого. Крім того, будемо вважати, що

введення сервісів не зменшує доходи системи від надання основних послуг.

В якості пояснення наведемо декілька прикладів сервісів, які може надавати електронна платіжна система своїм клієнтам. Наприклад, за певну плату можна купити дисконтну карту із знижками в Інтернет-магазинах, які є партнерами ЕПС. Або ж клієнт має можливість зробити одноразовий платіж і певний час (місяць, квартал, рік) виконувати транзакції (переказ коштів третім особам) безкоштовно – звичайно, що такий тип сервісу є вигідним лише тим клієнтам, які часто використовують електронні кошти як платіжний засіб. Іншим прикладом, може стати можливість замовлення автоматичного переведення коштів з поточного клієнтського рахунку через певні проміжки часу у разі, якщо клієнт проводить періодичні оплати сторонньому постачальнику за допомогою е-грошей – оплата мобільного зв'язку, доступу в Інтернет, комунальних послуг, тощо.

Спираючись на наведені пояснення, сформулюємо основні ознаки сервісів платіжної системи, які будуть використані для побудови даної моделі.

1. В даному варіанті підходу, сервіс, що надається на платній основі, є джерелом додаткового доходу і не має першочерговим завданням залучення нових клієнтів – за це, нагадаємо, відповідає бюджет розвитку².

² Бюджет розвитку складається з відрахування на рекламу (зовнішня реклама, реклама в ЗМІ та мережі Інтернет), заохочення для потенційних користувачів (система знижок, партнерські програми), витрат на спільні акції з партнерами.

2. Загалом, сервісом може користуватися будь-який клієнт системи, але не для кожного він буде вигідним, тому що подібні послуги зорієнтовані в першу чергу на користувачів які працюють з системою регулярно та/або з великими сумами коштів.

3. Для полегшення процесу моделювання, в цій моделі, ми будемо розглядати всі сервіси як єдине ціле, тобто виставляти загальну вартість (і загальні витрати) всіх сервісів, не диверсифікуючи їх (сервіси) по типах.

4. Як і раніше, при моделюванні ми будемо вважати сталими затрати на реалізацію та підтримання сервісу. Це пов'язано з тим, що нами розглядається типовий варіант, коли витрати на сервіси майже не залежать від обсягу клієнтів які користуються додатковими послугами. Крім того, будемо вважати, що кожний куплений сервіс буде використовуватись.

Як говорилося вище, поняття сервісу безпосередньо пов'язано з клієнтами ЕПС, множину яких ми умовно розподіляємо на тих, що користуються послугами платіжної системи нерегулярно (ситуативно), і тих, що користуються системою регулярно. Останніх ми будемо називати «потенційними користувачами» додаткових сервісів. Всю множину існуючих клієнтів позначимо N : звичайно, що кількість клієнтів $N(t)$ функція часу, яка залежить від рішень прийнятих менеджментом – керуючих впливів, і від стану зовнішнього економічного середовища – зовнішніх збурень. Причому, керуючим впливом в даному випадку буде вже використаний нами в [1] бюджет розвитку, тобто ті кошти, які ми вкладаємо в інформування

клієнтів та підвищення привабливості нашої системи. Очевидно, із збільшенням вкладень у розвиток системи збільшуються обсяги коштів, що залучаються, в першу чергу за рахунок збільшення кількості користувачів системи. Але, не будемо забувати про той факт, що для систем Інтернет-розрахунків на бюджет розвитку накладається обмеження – відсоток відрахувань до нього не перевищує 3% від резервів ЕПС [1,4].

Деталізацію функції кількості клієнтів ми виконали за допомогою лінійного рівняння:

$$N(t) = N_0 + c \cdot \%_E^*(t) + \xi_N(t), \quad (1)$$

де N_0 – кількість клієнтів системи при нульовій ставці відрахувань; N_0 характеризує кількість клієнтів, які будуть користуватися електронними платіжними засобами незалежно від рівня привабливості системи ($N_0 \geq 0$);

c – коефіцієнт, який показує, на скільки людей збільшиться кількість користувачів системи при збільшенні відсотку відрахувань в бюджет розвитку на 1% ($c \geq 0$);

$\%_E^*(t)$ – відсоток на відрахування в бюджет розвитку.

$\xi_N(t)$ – деяка випадкова величина, яка відображає зовнішні економічні та соціальні фактори впливу на кількість клієнтів ЕПС.

Тут доречно зробити невелике зауваження. По-перше, за практики відомо, що вкладання коштів у розвиток системи в певний момент часу частіше всього дає ефект на наступному кроці. Так само, як і наслідки від припинення або зменшення відрахувань до бюджету розвитку будуть відчуватися не одразу, а через деякий час

– отже очевидне запізнювання. По-друге, загальна кількість клієнтів буде йти із наростаючим підсумком, тобто, приймаючи той факт, що залучений клієнт залишається користувачем системи не зважаючи на поточні відрахування до бюджету розвитку. Тому замість N_0 можна використовувати загальну кількість клієнтів на попередньому кроці $N(t-1)$. При кількісному аналізі моделі наведені зауваження можна використовувати.

Але, з іншого боку, N_0 – існуючі клієнти, і тому справедливим буде вважати (за наявності існуючих у моделі обмежень), що така група «золотих клієнтів» мало змінна, а їх динаміка визначається величиною $\xi_N(t)$. Тому на даному етапі дослідження ми зафіксуємо величину N_0 :
$$N_0 = const.$$

Тепер, коли ми можемо визначити кількість користувачів платіжної системи в певний момент часу, необхідно виділити із загальної кількості клієнтів потенційних користувачів сервісів. Для цього введемо коефіцієнт, який буде характеризувати цей показник системи – p_N . Цей показник визначається емпірично для кожної окремої платіжної системи. Але ми ведемо мову саме про потенційних користувачів додаткових сервісів (за нашими припущеннями це є клієнти які регулярно користуються системою та/або працюють із великими сумами е-коштів), тому не можна однозначно говорити, що всі вони будуть стовідсотково використовувати додаткові послуги. З іншого боку, деякі із «нерегулярних» клієнтів можуть одноразово (ситуативно) на окремому проміжку часу скористатися певною послугою. Цей факт ми

врахуємо у вигляді невизначеності – випадкової величини $\xi_P(t)$. Тоді, згідно наведених припущень, рівняння, яке характеризує кількість клієнтів, що користуються сервісом (сервісами) в поточний момент часу, можна записати наступним чином:

$$P_N(t) = p_N \cdot N(t) + \xi_P(t),$$
$$0.01 \leq p_N \leq 0.1,$$
(2)

або

$$P_N(t) = p_N \cdot (N_0 + c \cdot \%_E^*(t) + \xi_N(t)) + \xi_P(t),$$
$$0.01 \leq p_N \leq 0.1,$$
(3)

де $P_N(t)$ – загальна кількість клієнтів системи, які скористаються запропонованими сервісом (сервісами) на момент часу t ;

p_N – коефіцієнт, який характеризує кількість потенційних користувачів сервісу (сервісів); з практики відомо, що цей показник складає від 1 до 10% від загальної кількості користувачів, тому наявне обмеження: $0.01 \leq p_N \leq 0.1$.

$\xi_P(t)$ – деяка випадкова величина, яка характеризує ситуативність в користуванні сервісами з боку клієнтів ЕПС.

Виділивши клієнтів, які скористаються запропонованими сервісами, можна знайти загальну суму надходжень від надання додаткових послуг, причому тут буде доречно розглянути два варіанти.

1. Надходження обраховуються по кожному із сервісів окремо, адже кожний сервіс має свою вартість та коефіцієнт кількості потенційних користувачів. Тоді,

загальна сума надходжень може бути представлена в наступному вигляді:

$$S(t) = \sum_{i=1}^m S_i(t), \quad (4)$$

$$S_i(t) = [p_N^i \cdot (N_0 + c \cdot \%_E^*(t) + \xi_N(t)) + \xi_P(t)] \cdot S^i,$$

де $S(t)$ – загальна сума надходжень від всіх додаткових сервісів платіжної системи на момент часу t ;

m – кількість сервісів платіжної системи;

$S_i(t)$ – сума надходжень від одного (i -го) сервісу на момент часу t ;

p_N^i – коефіцієнт кількості потенційних користувачів i -го сервісу;

S^i – вартість i -го сервісу.

2. Можна не розділяти сервіси по типах та розглядати їх як один узагальнений, «універсальний» сервіс. При викладенні основних положень ми зазначили, що не будемо диференціювати сервіси по типах, тому надалі будемо використовувати саме цей варіант обрахунку надходжень від додаткових послуг.

$$S(t) = [p_N \cdot (N_0 + c \cdot \%_E^*(t) + \xi_N(t)) + \xi_P(t)] \cdot S^u, \quad (5)$$

де S^u – узагальнена вартість всіх сервісів платіжної системи.

Згідно питань, які піднімалися на початку роботи, зробимо короткий огляд моделі. Основним поняттям в даній моделі є користувачі системи. Тобто, перед тим як визначити ефективність сервісу, ми визначали загальну

кількість клієнтів, а потім з них виділили потенційних користувачів системи (які складають певний відсоток від загальної кількості клієнтів). Така інтерпретація не передбачає введення додаткового керуючого впливу – тут був використаний бюджет розвитку, який відповідає за підвищення привабливості платіжної системи і, відповідно, залучення нових клієнтів. Тому, логіка даної моделі дуже проста: із підвищенням відрахувань на бюджет розвитку збільшується кількість клієнтів, а отже і кількість користувачів сервісів, які й приносять додатковий дохід ЕПС.

Для наочності наведемо чисельний приклад обрахунку даної моделі. Маємо такі початкові дані: кількість клієнтів платіжної системи – 15000; відрахування до бюджету розвитку – 0.3%; коефіцієнт c , який показує, наскільки збільшиться кількість користувачів системи при збільшенні відсотку відрахувань в бюджет розвитку на 1% – 25000; емпіричний коефіцієнт p_N , який характеризує кількість потенційних користувачів сервісів – 4%. Випадкові величини $\xi_N(t)$ та $\xi_P(t)$, які відповідають за випадкові флуктуації, задамо за допомогою рівномірного розподілення. Витрати на підтримку функціонування додаткових сервісів за весь розглядаємий період склали 135 тис. гр. од.

Тепер обрахуємо приклад на десяти кроках, не змінюючи керуючий вплив. Кількість клієнтів на кожному

$$P =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	612	578	571	629	604	619	612	638	641	591

кроці наведена нижче.

Покладемо, що вартість сервісу, яким користуються клієнти, складає 45 грошових одиниць. Тоді, знаючи кількість клієнтів – користувачів сервісів – дуже легко визначити отриманий дохід.

$$S =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	7540	6010	5695	8305	7180	7855	7540	8710	8845	6595

Продисконтуємо отриманий дохід по ставці дисконтування, наприклад, 12% та за умови, що платежі надходять в кінці кожного розрахункового періоду:

$$D = \sum_{t=1}^{10} \frac{S(t)}{(1 + 0.12)^t} = 154155.$$

Очевидно, що в даному випадку додаткові сервіси є прибутковими; прибуток становить $154155 - 135000 = 19155$ гр. од. Далі, необхідно оцінити отриманий прибуток щодо витрачених (проінвестованих) коштів, і порівняти отриману величину із встановленою в компанії нормою прибутковості. Звичайно, прийнятною є ситуація, коли поточна прибутковість більша, або дорівнює заданій. В іншому ж випадку, необхідно застосовувати керування досягнення бажаного результату.

Підводячи проміжний підсумок можемо сказати, що запропонована вище модель може використовуватися для визначення ефективності (при заданих витратах), для визначення граничних витрат на сервіси при заданій рентабельності, крім того, вона є розширенням та доповненнями загальної моделі ЕПС.

Але попередня інтерпретація є неповною і розкриває лише один з варіантів підходу до моделювання сервісів в платіжній системі. Адже крім розвитку системи і залучення додаткових клієнтів (кількісний розвиток) можна розвивати і самі додаткові послуги,

модернізувати та робити більш привабливими для користувачів, тим самим підвищуючи їх ефективність (якісний розвиток). На практиці ж буде цікаво оцінити різницю між сумою коштів, яку сплатили клієнти за додаткові послуги, та сумою коштів, яка була інвестована в модернізацію цих послуг. Для нормальної роботи компанії дана різниця повинна дорівнювати (або перевищувати) задану норму прибутку (очікуваний дохід). Саме тому авторами даної роботи була запропонована ще одна модель, яка логічно доповнює наведену вище і ґрунтується на принципі ефективності інвестицій – тобто визначенні граничних витрат на сервіси та моменту часу, коли є сенс припинити вкладати в них додаткові інвестиції.

Гіпотези, на яких ґрунтується даний варіант, дещо відрізняються від викладених раніше.

1. Аналіз сервісів, з точки зору фінансових витрат, умовно розділимо на дві частини. Перша – затрати на введення в дію (витрати на впровадження); друга частина – затрати на інформаційне обслуговування клієнтів та поліпшення роботи сервісу (витрати на обслуговування та модернізацію). Причому, одного разу введений сервіс буде функціонувати на постійній основі і приносити фіксований прибуток, додаткові ж інвестиції у модернізацію можуть покращити якість даної послуги, а отже збільшити прибуток від неї.

2. Фіксований дохід, отриманий від надання сервісу, повинен перебивати затрати на його здійснення з одного боку, і бути вигідним для клієнта з іншого. Вигода клієнта враховується при ціноутворенні, а перебивання затрат – через норму прибутку. В якості припущення приймаємо,

що платіжна система вводить сервіси лише із певною заздалегідь визначеною нормою прибутку (наприклад, 10%).

3. Інвестиції на модернізацію сервісу не можуть перевищувати витрати на його впровадження.

Експериментальним шляхом було встановлене наступне співвідношення:

$$S(t) = [(1 + d) \cdot inv^1_s(t)] + [10 \cdot \ln(inv^2_s(t))] + \xi_s(t). \quad (9)$$

де $S(t)$ – загальна сума надходжень від додаткових сервісів платіжної системи на момент часу t ;

d – бажана дохідність або ефективність введення сервісу ($d \geq 0$);

$inv^1_s(t)$ – витрати на підтримання належного функціонування сервісу ($0 \leq inv^1_s(t)$); якщо $inv^1_s(t) = 0$ – це означає, що в платіжній системі немає сервісів.

$inv^2_s(t)$ – інвестиції на розвиток та модифікацію сервісів ($0 \leq inv^2_s(t) \leq inv^1_s(t)$);

$\xi_s(t)$ – деяка випадкова величина, яка відображає невизначеність зовнішнього середовища.

Перша складова правої частини співвідношення (9) характеризує «фіксований» дохід від сервісів, адже ми домовились, що сервіс вводиться лише в тому випадку, коли можна розраховувати на певний рівень доходності.

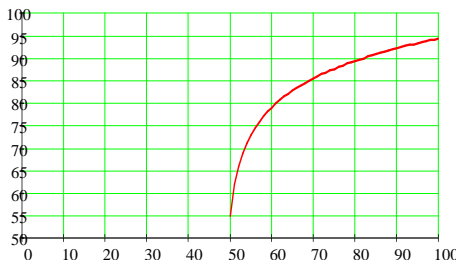
Друга складова правої частини співвідношення (9) характеризує ефект від вкладання грошей в модифікацію послуг, які пропонує система. Але, якісний розвиток

сервісів має неоднозначну природу: надто великі витрати не дають пропорційно великого росту надходжень. Іншими словами, зростання буде спостерігатися лише на початкових етапах, а при значному збільшенні «вливань» ефективність таких інвестицій буде прямувати до нуля.

В даній моделі наявний новий керуючий вплив – інвестиції на розвиток сервісу; вони, разом із затратами на підтримання належного функціонування сервісу, складають витрати ЕПС на сервіси. Також відзначимо, що в поточній інтерпретації нас не цікавить скільки клієнтів користуватимуться сервісами, адже вся модель побудована на припущенні, що введений в дію сервіс (навіть без модернізації) буде давати фіксований прибуток.

В якості пояснення до даної моделі наведемо невеликий приклад, причому для більшої наочності не будемо враховувати фактор невизначеності. По вісі абсцис будемо враховувати загальні витрати на сервіс; вісь ординат – загальний грошовий ефект від його функціонування. Норма ефективності (дохідності) сервісу – 10%. Після інвестування 50 грошових одиниць на впровадження сервісу отримаємо фіксований дохід у розмірі 55 гр. од.: $(1 + 0.1) \times 50 = 55$. Причому, одержувати прибуток ми будемо до тих пір, поки будемо підтримувати роботу сервісу (нести витрати на його функціонування). У той же час ми маємо можливість розвивати сервіс – вкладати додаткові інвестиції. Таким чином, графік (рис. 3) показує, який дохід ми потенційно можемо одержати від розвитку впровадженого сервісу початкової вартості 50 гр. од., при різних значеннях відрахувань на його модернізацію.

Наведений графік чітко показує зміни ефективності додаткових інвестицій сервіси. Так, при збільшенні



інвестицій на сервіс (сервіси) на 10 гр. од. (тобто, загальні витрати становитимуть вже 60 гр. од.) отриманий дохід збільшиться на 24 гр. од. (із 55 до 79 гр. од.). При цьому, збільшення інвестицій ще на 30 гр. од. (до загальних 90 гр. од.) збільшить виручку від сервісу (сервісів) до лише 92 гр.

Рис. 3. Траєкторія зміни надходжень від модернізації сервісу.

од., тобто чистий прибуток складе лише 2 гр. од. При цьому, інвестування додатково 50 гр. од. (загальні витрати – 100 гр. од.) взагалі не дадуть прибутку, а навпаки призведуть до збитків.

Слід зауважити, що в даній інтерпретації необхідно враховувати життєвий цикл сервісу або горизонт дієвості сервісу – термін, протягом якого даний сервіс (сервіси) буде прибутковим.

Зважаючи на специфіку розвитку мережі Інтернет такий термін буде складати 1-3 роки. Причому, по закінченні терміну сервіс або втрачає актуальність, або морально та фізично зношується, що призводить до його ліквідації і, як наслідок, його можна замінити новим,

очевидно із залученням нових інвестицій. Аналізуючи надходження від сервісу на заданому проміжку часу необхідно дисконтувати фінансовий потік по визначеній процентній ставці, щоб обрахувати реальну вигоду від введення та модернізації додаткового сервісу на поточний момент часу (вважаємо, що в наведеному вище прикладі вигода від сервісів вже продисконтована). В графічній інтерпретації час роботи сервісу можна вводити за допомогою вісі аплікату.

Поняття керованості та обмеження керуючих впливів. Будь-яке дослідження об'єкту керування насамперед пов'язують із аналізом його основних властивостей: стійкість, керованість, спостережуваність (відновлюваність), стабілізованість. Якщо ж ОК малодосліджений, такий як, наприклад, в нашому варіанті – електронна платіжна система, тим більше має сенс проаналізувати вказані властивості. Але, зважаючи на те, що представлена серія робіт має, перш за все, практичне спрямування і проводиться, спираючись на реальний стан справ в секторі електронних грошей та Інтернет-розрахунків, ми вважаємо за доцільне зупинитися лише на одному аспекті – керованості системи. Адже, з нашої точки зору, для фахівців у вказаній області аналіз керованості та границь керованості (меж за якими ОК втрачає здатність відповідати на керування), особливо в умовах мінливої та важкопрогнозованої фінансової ситуації, є одним з пріоритетних завдань.

Часто аналіз понять пов'язаних із керованістю зводять до алгоритмів керування задач прокладання оптимальної траєкторії на фіксованому проміжку часу (оптимізаційна задача) та/або задачі стабілізації об'єкта керування на відповідній опорній траєкторії

(стабілізаційна задача). Наприклад, така задача керування мікроекономічним об'єктом – страховою компанією – в умовах збурень розглядається в [5]. Авторами була запропонована модель страхової компанії, де ефективності роботи оцінюються втратами за плановий період, а отже задача полягає у виборі оптимального керування за умови якого втрати були б мінімальними. Керуванням, в цьому випадку, виступає частка інвестицій яка іде на розширення виробництва – можна вкладати весь прибуток, деяку його частину або скомбінувати обидва підходи. В загальних рисах це нагадує тематику нашого дослідження з тією різницею, що на даному етапі ми не ставимо на меті вирішення конкретних задач, а формулюємо основні підходи для роботи з новим ОК, доповнюємо його математичну модель.

Поняття керуваності, в тому розумінні, якому воно розглядається в [2,3], безпосередньо пов'язане із керуючими змінними та із обмеженнями які на них накладаються. Тому, далі ми наведемо загальну схему представлення вхідних та вихідних потоків, яке вже фігурувала в попередньому розділі роботи (рис. 2), вказавши, яка керуюча змінна діє на який потік.

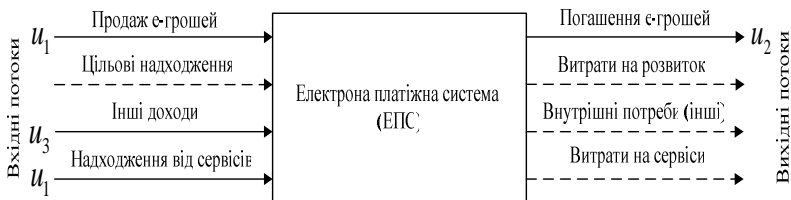


Рис. 4. Вплив керувань на вхідні та вихідні потоки

В [1] нами були детально розібрані сутності керуючих впливів. Ввівши відповідні позначення на схему вхідних та вихідних потоків (рис. 4), бачимо, що керування

u_1 (відсоток відрахування в бюджет розвитку) впливає на розмір надходжень від продажу е-грошей та від реалізації додаткових послуг через збільшення числа користувачів ЕПС. Керуюча дія u_2 (процентна маржа, що визначається як різниця між курсами купівлі-продажу золота на світовому ринку та купівлі-продажу прав володіння ним) впливає на погашення е-грошей – чим дорожче погашення, тим менша кількість людей захоче їм скористатися. Керуюча дія u_3 має вплив на обсяги надходжень від комісії на етапі транзакцій – ми віднесли це до т. зв. інших доходів. Пунктирними лініями позначені потоки, які не розглядаються у даній моделі (або, іншими словами, приймаються за константи), а отже і не мають керуючих впливів.

Керованість безпосередньо пов'язана із обмеженнями, які накладаються на керуючі впливи – зрозуміло, що за відсутністю обмежень на керуваннях ОК буде повністю керованими. В нашій моделі, величина комісійних відсотків u_2 та u_3 встановлюється виходячи лише із побажань та міркувань менеджменту і не мають строгих обмежень³. Керування u_1 навпаки має строгі обмеження – сума коштів, що виділяється на розвиток не може перевищувати 3% від наявного капіталу, або, як ми його називаємо, резерву готівкових коштів платіжної

³ Насправді, величина комісійних відсотків обмежується, перш за все, здоровим глуздом керівників та кон'юнктурою ринку. Отже відсоткові ставки, що відповідають даним керуванням, можуть вибиратися на проміжку від 0 до 100%.

системи. Дане обмеження можна записати наступним чином:

$$0 \leq u_1(t) \leq 0.03x_1(t). \quad (11)$$

Очевидно, що у випадку, коли необхідно компенсувати дію довільного збурення зовнішнього середовища і це буде пов'язано із перевищенням даного обмеження – система стає некерованою.


Таке обмеження на використання власних коштів можна пояснити, з одного боку, практикою роботи платіжних системи (на практиці відрахування на рекламні заходи майже ніколи не перевищують зазначену величину), а з іншого – нормативними вимогами, що регулюють діяльність ЕПС (в Україні регулюючим органом, відповідно до Постанови №178, виступає НБУ).

Цікавим аспектом може стати аналіз поведінки даного обмеження з часом, адже наявний його зв'язок із резервом ЕПС, який постійно змінюється; крім того, за відсотковою ставкою відрахування мається на увазі реальна сума грошей. Тому керівнику буде важливо постійно моніторити ситуацію, щоб а) відрахування повинні бути на належному, для розвитку компанії, рівні; б) нормативне обмеження не було перевищене, щоб уникнути санкцій.

Розглянемо першу ситуацію. Для того, щоб компанія мала сталий розвиток, необхідно, виходячи із наявних показників, планувати бажані – наприклад, прибуток на майбутній період. Припустимо, що в момент t ми маємо певну величину резерву та певний прибуток, оцінений згідно норми прибутку. Приймаючи, що норма прибутку в наступний момент часу $t+1$ залишиться незмінною, ми можемо встановити бажану прибутковість, а з неї

визначити величину коштів, яку потрібно додатково залучити через заохочення нових клієнтів. За залучення коштів у нас відповідає бюджет розвитку, який не може перевищувати 3% від наявного резерву. На практиці, бюджет розвитку також не може перевищувати вільні кошти, що є в наявності, тобто наш прибуток. Адже очевидно, що за відсутності коштів для інвестування необхідно буде брати додаткові кошти із резервів (клієнтських залишків), а це є неприпустимим. Знову ж таки на практиці, така ситуація вирішується або залученням цільових коштів (кредити, кошти акціонерів, тощо) або віднесенням таких затрат на затрати майбутніх періодів, причому і перший, і другий шлях пов'язаний із певним ризиком, тому поки ми не будемо розглядати такий варіант. Отже, володіючи інформацією про реальні можливості інвестування в бюджет розвитку та оцінивши кількість клієнтів, яку ми можемо залучити згідно майбутніх інвестицій, можна визначити розмір резервів і прибуток, на який є сенс розраховувати в момент часу $t + 1$ (очевидно, що отримані дані необхідно порівняти із бажаними показниками).

Сказане вище можна показати на наступній схемі:

		Інвестиції з бюджету розвитку	
Момент часу	t	 $500 \times 3\% = 15$	$t + 1$
Резерв коштів	500		$500 + 500$
Очікуєми й дохід	$500 \times 5\% = 25$		$1000 \times 5\% = 50$

Отже, для того, щоб отримати в майбутньому періоді прибуток в 50 гр. од. необхідно до вже наявного резерву залучити ще 500 гр. од. За оцінками, для цього необхідно покласти відрахування на бюджет розвитку на максимально можливого рівні⁴ – $500 \times 3\% = 15$. Таким чином, витрати на бюджет розвитку на проміжку часу, що розглядається, складе 15 гр. од., а очікуваний дохід системи: $25 - 15 + 50 = 60$ гр. од.

Друга ситуація дещо простіша, адже ґрунтується на показниках минулих періодів. Припустимо, що в певний момент часу $t - 1$ розмір резервів складав 1000 гр. од. Було вирішено покласти відрахування на розвиток на максимально дозволеному рівні, тобто 30 гр. од. В момент t резерви системи впали до 500 гр. од., тому відрахування на розвиток не можна залишати на тому же рівні – 30 гр. од., адже дана сума складе вже 6% від наявного резерву. Якщо розмір резерву навпаки збільшиться ми можемо не змінювати суму відрахування (очевидно, що вона не буде перевищувати встановлений ліміт), але при цьому в нас з'являється додатковий «запас міцності».

Позначимо через $u_1^*(t)$ суму грошей, яка йде на розвиток ЕПС в даний момент часу згідно вибраного керування $u_1(t)$:

$$u_1^*(t) = u_1(t) \times x_1(t).$$

⁴ В даному випадку ми використовуємо припущення, що вкладання максимально можливої кількості коштів в бюджет розвитку подвоїть резерви платіжної системи. Але, при розв'язанні конкретних задач, суму коштів, яка може бути залучена, необхідно оцінювати, використовуючи модель із [1].

Тоді, ми можемо не змінювати відрахування на розвиток в момент часу t , якщо ця сума не перевищує трьохвідсотковий ліміт від наявної суми, тобто дорівнює той, що була на попередньому кроці $t - 1$:

$$u_1^*(t) = u_1^*(t-1) \text{ if } u_1^*(t-1) \leq 0.03x_1(t), \quad t_0 \leq t-1 < t.$$

Якщо сума відрахувань в момент t перевищить трьохвідсотковий ліміт від поточного резерву, то можна зменшити її пропорційно до зменшення резерву

$$u_1^*(t) = k \cdot u_1^*(t-1) \text{ if } u_1^*(t-1) > 0.03x_1(t), \quad t_0 \leq t-1 < t,$$

$$\text{де } k = \frac{x_1(t)}{x_1(t-1)},$$

або просто звести до дозволеного ліміту

$$u_1^*(t) = 0.03 \cdot x_1(t-1) \text{ if } u_1^*(t-1) > 0.03x_1(t), \quad t_0 \leq t-1 < t.$$

На завершення доповнимо модель електронної платіжної системи введенням обмеженням (11). В результаті отримуємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{x}_1(t) = (E_0 - a \cdot u_1(t) + \theta_1(t)) - (R_0 - b \cdot u_2(t) + \theta_2(t)) + \\ \quad + (R_0 - b \cdot u_2(t) + \theta_2(t)) \cdot u_2(t) + (T_0^{-u_3} + \theta_3(t)) \cdot u_3(t) + \\ \quad + [p_N \cdot (N_0 + c \cdot u_1(t) + \theta_4(t)) + \theta_5(t)] \cdot S^u; \\ \dot{x}_2(t) = (R_0 - b \cdot u_2(t) + \theta_2(t)) \cdot u_2(t) + (T_0^{-u_3} + \theta_3(t)) \cdot u_3(t) + \\ \quad + [p_N \cdot (N_0 + c \cdot u_1(t) + \theta_4(t)) + \theta_5(t)] \cdot S^u; \\ 0 \leq u_1(t) \leq 0.03x_1(t). \end{array} \right.$$

Висновки. В завершенні статті «Математична модель електронної платіжної системи як об'єкту керування» [1] ми зазначали, що наведена математична

модель електронної платіжної системи є дещо спрощеною і являє собою основу для подальшого дослідження. Зважаючи на те, що тематика є цікавою з практичної точки зору, а з поглибленням проникнення мережі Інтернет в усі сфери життя, ще й актуальною, логічно було б її розвивати, не зупиняючись на досягнутому. Таким чином, нова публікація під назвою «Моделювання сервісів платіжної системи. Поняття керованості» стала наступним кроком в дослідженні платіжних систем, доповнюючи отримані раніше напрацювання.

В першій частині роботи ми спробували доповнити наведену раніше модель ще одним контуром, який, в силу складності, не описували раніше. Таким контуром є діяльність платіжної системи по наданню додаткових (відносно основних – емісія та підтримка ліквідності електронних коштів) послуг, так званих сервісів. Нами була проаналізована сутність сервісів, їх роль та місце в роботі платіжної системи, а результатом дослідження стали дві, різнопланові, але такі, що доповнюють одну іншу, моделі для опису сервісів в ЕПС. Причому, одна з моделей ґрунтується на кількості клієнтів системи, що ставиться в залежність відрахуванням на розвиток ЕПС, а інша взагалі не враховує клієнтів і розглядає сервіси з точки зору інвестування в їх впровадження та розвиток. Перша модель простіша та наочніша, і може бути використана, наприклад, маркетологами для аналізу ефективності залучення нових клієнтів. В той час як друга містить в собі окрему підзадачу (в рамках загального дослідження) – задачу про оптимальне інвестуванні коштів в сервіси – і може використовуватися в фінансових департаментах (підрозділах) для аналізу ефективності впровадження нових послуг.

В другій частині ми звернулися до поняття керованості, в сенсі переводу системи із будь-якого (нульового) стану в певний момент часу в будь-який стан за скінченний проміжок часу, одночасно постулюючи, що за відсутності обмежень на керуваннях система буде повністю керованою. Спираючись на практику роботи платіжних систем ми проаналізували можливі обмеження, що можуть накладатися на керуючі впливи, визначили їх та ввели в модель. Основним результатом дослідження даного аспекту став запропонований алгоритм керування, основна задача якого є недопущення перевищення встановленого ліміту відрахувань на бюджет розвитку.

Проведена робота дозволила не тільки удосконалити вже існуючі результати, а й впритул наблизитись до цікавої оптимізаційної задачі, основною ідеєю якої є оптимальне використання прибутку платіжної системи, розподіляючи його між виплатою дивідендів акціонерам (виведення прибутку), вкладанням інвестицій у розвиток додаткових сервісів (збільшення доходу від кожного клієнту) та вкладанням коштів у розвиток компанії (збільшення доходу через залучення нових клієнтів). Така задача може стати наступним кроком подальшого дослідження підходів до моделювання діяльності систем Інтернет-розрахунків.

Література

1. Гришин О.Г., Біліловець О.С., Математична модель електронної платіжної системи як об'єкту керування // *Управляющие системы и машины*. – 2009. – №3. – С. 123-138.
2. Kalman R E. Contributions to the theory of optimal control. *Boletin de la Sociedad Matematica Mexicana* 5:102-19, 1960.
3. Квакернаак, Х. *Линейные оптимальные системы управления* / Х. Квакернаак, Р. Сиван. – М.: Мир, 1977. – 650 с.

4. Гришин А.Г. Электронные платежи и Internet // Корпоративные системы. – 200. – №2. – С. 51-57.
5. Дзюбан І.Ю., Куц О.В. Про алгоритми керування мікроекономічним об'єктом в умовах збурень – оптимізація і стабілізація // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2007. –№1. – С. 31-36.