

---

# МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

### MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELLING

---

---

УДК 681.518:681.327.8

А. Ю. Берко, В. А. Висоцька

---

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕРЕЖ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

---

*У статті проаналізовано основні проблеми електронної комерції та запропоновано методи вирішення цих проблем.*

### **ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

Двадцять перше століття кинуло людству виклик у формі всесвітньої «павутини» Internet та появи інтерактивного бізнесу чи віртуальної економіки. Інтерактивний бізнес – це бізнес, побудований на спільних діях бізнес-процесу в особі бізнесмена і комп'ютера або іншого засобу зв'язку обміну інформацією. Віртуальна економіка – це економіка, заснована на інтерактивному бізнесі та на головному законі людини – економії часу. Вже сьогодні у розвинутих державах існує багато випадків реалізації даного закону, а саме: використовуючи засоби зв'язку, не виходячи з дому, управляти технологічними лініями на виробництві або фінансово-комерційною діяльністю; вести бухгалтерський облік; здійснювати дистанційне навчання, читання

книг і періодики; купувати товари; виконувати банківські, біржові й інші фінансові операції. Нині Internet впливає як на зовнішні відносини між компаніями та їх партнерами чи клієнтами, так і на внутрішню структуру самих компаній. Електронна комерція заснована на структурі традиційної комерції, а використання електронних мереж додає їй гнучкості.

### **ЗВ'ЯЗОК ВИСВІТЛЕНОЇ ПРОБЛЕМИ ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ТА ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ**

Електронна комерція (*electronic commerce*) – це придбання/продаж товару/послуги за допомогою електронних носіїв, чи через мережу, подібну до Internet. Дане поняття може включати в себе замовлення, оплату та доставку товарів/послуг. Складові електронної комерції (ЕК) представлені на рис. 1 [1]. Процеси, які становлять цикл ЕК [2]: доступ до інформації, оформлення замовлення, оплата, виконання замовлення,

© Берко А. Ю., Висоцька В. А., 2007



Рисунок 1 – Складові електронної комерції

післяпродажне обслуговування і підтримка. Типи ЕК [7]: торгівля інформацією, товарообіг, надання послуг.

Категорії ЕК [1]: бізнес – бізнес (наприклад, компанія, що використовує мережу для замовлень постачальникам, отримання рахунків і оплати); бізнес – споживач (електронна роздрібна торгівля); бізнес – адміністрація (операції, що укладаються між компаніями та урядовими організаціями); споживач – адміністрація (ще не існує, але із зростанням попередніх двох категорій уряди можуть розширити електронну взаємодію в таких сферах, як наприклад, соціальні виплати); споживач – споживач (взаємодія користувачів для обміну комерційною інформацією, досвідом, аукціонною торгівлею між фізичними особами тощо)

Інструменти, якими фірма користуватиметься для реалізації можливостей ЕК, можна умовно розділити на наступні групи [1]: бізнес-додатки; електронні магазини; шлюз в EDI-систему (electronic data interchange – технології електронного обміну даними); зв'язок із фінансовими організаціями через різні платіжні системи.

Сфери поширення ЕК [12]: маркетинг, продаж і сприяння продажу; перепродаж, попередні домовленості, поставки; фінансування й страхування; комерційні операції: замовлення, отримання, оплата; обслуговування та підтримка продукту; спільна розробка продукту; розподільне спільне виробництво; використання загальних і приватних послуг; адміністрування бізнесу (концесії, дозвіл, податки, митниця тощо); транспорт, техніка перевезень і постачання; загальні закупівлі; автоматична торгівля електронними товарами; бухгалтерський облік; дозвіл спірних моментів.

### АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Особливості електронного ринку Internet полягають у наступному [12]: *відкритість* – доступ як для компаній будь-яких розмірів, так і для споживачів; *гло-*

*бальність*, тобто доступ до нього можливий з будь-якої точки земної кулі; *відвертість* ринку – характеризується досить низьким бар'єром для входу на нього фірм. Internet надає можливість скорочення каналів поширення товарів і ліквідації проміжних ланок, таких як дистриб'ютор і оптовий продавець, на зміну яким приходиться прямиий зв'язок виробник – покупець. Причиною такого скорочення є спроможність фірм взяти на себе функції, що традиційно виконуються фахівцями проміжних ланок, оскільки Internet володіє більш ефективною можливістю взаємодії зі споживачами й одночасно дозволяє відстежувати інформацію про споживачів. З технічного боку це зумовлено розвитком технологій побудови і ведення баз даних та автоматичного опрацювання запитів, які надходять.

Особливості Internet як засобу роздрібною торгівлі [7]: споживач взаємодіє з Internet і здійснює запити про купівлю безпосередньо через середовище Internet; споживач контролює інформацію про продукцію й послуги та одержує її в будь-який час доби; організація роздрібною торгівлі в Internet вимагає менших вкладень порівняно з організацією торгівлі традиційними способами; порівняно з торгівлею по телебаченню або торгівлею по каталогах споживачі можуть запитувати додаткову інформацію, достатню для здійснення купівлі, в тому числі в інтерактивному режимі.

Переваги ринку Internet [1–3]: активна позиція споживача; порівняно менший об'єм коштів, що вкладаються для виходу на ринок з боку фірм; глобальний характер ринку; цілодобова доступність ринку; можливість одержання необхідного обсягу інформації.

Для розвитку середовища Internet як ринку необхідне здійснення трьох основних умов [1]: завоювання фірмами, що використовують Internet як канал розподілу продукції, довіри з боку споживачів; забезпечення достовірності учасників та їх операцій; створення безпеки передачі і подальшого зберігання даних у середовищі Internet.

Методи завоювання довіри [1–3, 7]:

1. Збільшення гарантів, що переміщують ризик купівлі з покупця на продавця;
2. Значні знижки для перших клієнтів. Перша операція значно поліпшує довірчі відносини між покупцем і фірмою, що раніше майже були відсутніми;
3. Докладна інформація про фірму, включаючи її історію, філософію бізнесу і біографію, знаки схвалення від інших фірм, що засвідчують продавця, і т. п.

Не будучи єдиною технологією, електронна комерція характеризується різнобічністю. Вона об'єднує широкий спектр бізнес-операцій, включаючи [3, 5–7, 10–12]: встановлення контакту, наприклад, між потенційними замовником і постачальником; обмін інформацією; до- і післяпродажну підтримку (докладну інформацію про продукти і послуги, інструкції з використання продукту, відповіді на питання замов-

ників); продаж; електронну оплату (з використанням електронного переказу грошей, кредитних карток, електронних чеків, електронних грошей); управління доставкою та її відстеження для фізичних продуктів, безпосередню доставку продуктів, які можуть розповсюджуватися електронним шляхом; віртуальні підприємства – групи незалежних компаній, об'єднуючих свої зусилля для одержання можливостей надання продуктів і послуг, недоступних для окремих компаній; бізнес-процеси, що розділяються, спільно керовані компанією та її торговими партнерами.

Можливості і переваги електронної комерції [1, 3] вказано у табл. 1.

Таблиця 1

| Можливості постачальників            | Можливості замовників           |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Глобальна присутність                | Глобальний вибір                |
| Підвищення конкурентоспроможності    | Якість послуг                   |
| Задоволення потреб замовника         | Персоналізація товарів і послуг |
| Скорочення шляху товару до замовника | Швидка реакція на попит         |
| Економія витрат                      | Зниження цін                    |
| Нові можливості ведення бізнесу      | Нові продукти і послуги         |

Приклади конкретної комерційної вигоди від електронної комерції наступні [1, 7]:

1. Зменшення витрат на рекламу;
2. Зниження витрат на доставку, переважно для товарів, які можуть бути отримані електронним способом;
3. Скорочення витрат на дизайн та стратегічне планування;
4. Великі можливості для маркетингового дослідження ніш на ринку;
5. Однаковий доступ до ринку (для великих корпорацій і невеликих фірм);
6. Доступ до нових ринків збуту;
7. Залучення замовників у розробку і впровадження нових продуктів і послуг.

У числі найважливіших юридичних питань, що вимагають невідкладного рішення за участю світового співтовариства, варто назвати [1, 7, 12]: порядок оподаткування угод в електронній формі; тарифи; вимоги до форми угод і відповідальність; регулювання криптографії; правила аутентифікації; захист інформації; охорону прав споживачів.

Електронна комерція нині впливає на економіку і права громадян. Вимагаються такі правові норми, які сприяли б розвитку глобального та відкритого ринку шляхом уніфікації законодавства і спрощення правил і процедур, застосовуваних у різних країнах. У вироб-

лені подібних норм необхідне поглиблене співробітництво між бізнесом і державною владою, що забезпечило б істотну вигоду виробникам і споживачам в усьому світі. Сьогодні ж нерозвиненість у цілому або фрагментарність правових норм, що відносяться до сфери електронної комерції, а також значні суперечності між законодавствами різних країн є перешкодами для успішного функціонування *on-line economy*.

## ВИДІЛЕННЯ ПРОБЛЕМ

Компанії досить часто обмінюються комерційною інформацією та проводять розрахунки між собою і клієнтами в електронній формі. Традиційно для цього використовуються системи на основі EDI (Electronic Data Interchange) та EFT (Electronic Financial Transfer) – стандартів, що накладають жорсткі умови на форми передаваної інформації. Застосовуються такі системи переважно великими компаніями, корпораціями, що мають приватні VAN-мережі [1–3]. На сьогоднішній день як фірми, так і приватні особи мають можливість здійснювати ділові операції через Internet без використання EDI.

Комерційну інформацію, що пересилається через Internet, можна розділити на дві категорії: інформаційні транзакції; фінансові транзакції.

Забезпечення інформацією – основний і дорогий елемент електронної комерції. Інформація в комерції може мати кілька форм:

- статистичні дані (цифри, графіки, аналізи);
- корпоративна інформація (телефонні номери, адреси, структура організації);
- інформація про продукцію або послуги;
- платна інформація (новини, періодичні видання, доступ до баз даних тощо).

Існує три основні класи фінансових транзакцій:

1. Компанія – компанія (платежі між банками, іншими фінансовими установами, перерахування коштів з рахунку однієї фірми на рахунок іншої здійснюються зазвичай електронним переказом, або за допомогою чеків);
2. Компанія – клієнт (основний спосіб платежу – готівка, чеки, дебетові та кредитні картки);
3. Клієнт – клієнт (основний спосіб платежу – готівка та чеки).

Використання Internet для виконання цих типів транзакцій дозволяє замінити представлення або показ готівки, чеків, кредитних карток їх електронними еквівалентами.

На сьогоднішній день існують спеціально розроблені електронні версії платіжних систем, за допомогою яких можна здійснити: замовлення та оплату покупки; банківські розрахунки; інвестиції (в цінні папери) тощо.

*Електронна платіжна система* – це авторизована інформаційна система, призначена для проведення роз-

рахунків в Internet між фінансовими, комерційними, виробничими, урядовими організаціями, а також окремими користувачами.

Серед основних вимог до платіжних систем можна назвати [1]:

1. Дотримання конфіденційності;
2. Збереження цілісності інформації;
3. Надання засобів оплати;
4. Забезпечення аутентифікації;
5. Проведення авторизації;
6. Мінімізація плати за транзакцію.

Платіжні систем можна прокласифікувати:

1. За типом платежу:
  - а) системи на основі кредитних карток;
  - б) системи на основі Internet-банкінгу;
  - в) системи на основі електронних чеків;
  - г) системи з використанням електронних грошей;
  - д) системи на основі smart-карт;
2. За схемою здійснення платежів:
  - а) кредитні;
  - б) дебетові;
3. За розповсюдженістю:
  - а) міжнародні;
  - б) національні.

Кожне віртуальне підприємство  $p_i$  самостійно обирає вид платіжної системи  $t_i$ , яка для нього є кращим варіантом проведення фінансових операцій.

Однак, не існує єдиної системи  $S$  проведення фінансових операцій між віртуальними підприємствами з різними платіжними системами у віртуальному світі електронного бізнесу, та не існує єдиної стандартної системи  $S$  контролю проведення фінансових транзакцій між учасниками віртуального світу електронного бізнесу.

### ФОРМУВАННЯ ЦІЛЕЙ (ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ)

Систему фінансових взаємовідносин за допомогою платіжних систем (процесів) між віртуальними підприємствами (учасниками) у Internet-світі електронної комерції можна представити за допомогою мереж Петрі. Така система  $S$  буде складатися з чотирьох елементів [4–7, 8, 9]:

1. Скінченої множини учасників  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  системи електронного ринку;
2. Множини процесів взаємовідносин  $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ ;
3. Вхідної функції  $I: T \rightarrow P$ , тобто направлених зв'язків між процесами та учасниками;
4. Вихідної функції  $O: T \rightarrow P$  (направлені зв'язки між учасниками та процесами) (див. рис. 2).

Система проведення та контролю фінансових операцій між віртуальними підприємствами має наступний вигляд:

$$S = (P, T, I, O). \quad (1)$$

Потужність множини віртуальних підприємств  $P - |P| = n$ . Потужність множини платіжних систем  $T - |T| = m$ .

Учасник (віртуальне підприємство електронної комерції)  $p_i \in$  вхідною позицією процесу  $t_i$ , якщо  $p_i \in I(t_i)$  [4]. Аналогічно,  $p_i \in$  вихідною позицією процесу  $t_i$ , якщо  $p_i \in O(t_i)$ . Входи і виходи процесів є комплектами позицій. Комплект є узагальненням множини. В комплект можуть включатися багаторазово повторені однакові елементи. Прикладом комплекту є  $O(t_1) = \{p_2, p_3, p_4, p_4\}$ .

Кратність вхідної позиції  $p_i$  для процесу  $t_j$  це число появ позиції у вхідному комплекті процесу  $\#(p_i, I(t_j))$  [4–5]. Аналогічно, кратність вихідної позиції  $p_i$  для процесу  $t_j$  це кількість появ позиції у вихідному комплекті процесу  $\#(p_i, O(t_j))$ .

Розширена вхідна функція  $I(p_i)$  визначається таким чином [8–9]:

$$\#(t_j, I(p_i)) = \#(p_i, O(t_j)). \quad (2)$$

Розширена вихідна функція  $O(p_i)$  визначається таким чином [8–9]:

$$\#(t_j, O(p_i)) = \#(p_i, I(t_j)). \quad (3)$$

Графічним представленням системи фінансових взаємовідносин у віртуальному світі електронної комерції є двохдольний орієнтований мультиграф. Структура системи складається з сукупності учасників і процесів. Відповідно, граф системи складається з двох типів вузлів. Кругок  $O$  позначає учасника, а планка  $|$  позначає процес. Отже, оскільки вершини графа можна розділити на дві множини – учасників і процеси, то граф є двохдольним.

Орієнтовані дуги (стрілки) з'єднують учасників і процеси, при цьому деякі дуги направлені від учасників до процесів, а деякі від процесів до учасників. Такі дуги позначають вхідні і вихідні комплекти. Кратні виходи представлені кратними дугами. Оскільки можуть існувати кратні дуги між вершинами, то маємо мультиграф. Дуги є направлені, тому такий мультиграф є орієнтований.

Таким чином, граф  $G$  системи фінансових взаємовідносин у віртуальному світі електронного бізнесу це двохдольний орієнтований мультиграф,  $G = (V, A)$ , де  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_s\}$  – множина вершин,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_r\}$  – комплект направлених дуг,  $a_i = (v_i, v_k)$ , де  $v_i, v_k \in V$ . Множину  $V$  можна розбити на дві підмножини що не перетинаються –  $P$  і  $T$ , так що  $V = P \cup T$ ,  $P \cap T = \emptyset$  і для будь-якої дуги  $a_i(v_i, v_k) \in V$  виконується одна з двох умов: або  $v_i \in T$ ,  $v_k \in P$ , або  $v_i \in P$ ,  $v_k \in T$ .

Комплект направлених дуг  $A$ , що відповідають даній системі визначається наступним чином [4]:

$$\#((p_i, t_j), A) = \#(p_i, I(t_j)); \quad (4)$$

$$\#((t_j, p_i), A) = \#(p_i, O(t_j)). \quad (5)$$

Двоїстим графом системи  $C = (P, T, I, O)$  є граф системи  $\bar{C} = (T, P, I, O)$ , тобто граф, в якого учасники і процеси поміняні місцями. Такі графи не представляють практичного інтересу, тому ми їх не розглядаємо.

*Маркування* – присвоєння певної кількості фішок (грошових одиниць) учасникам системи взаємовідносин.

*Маркування* – це ресурси користувача, тобто ресурси віртуального підприємства електронної комерції, які він може використати для проведення операцій в системі фінансових взаємовідносин учасників електронної комерції.

Маркування  $\mu$  системи  $C = (P, T, I, O)$  є функцією, яка відтворює множину учасників  $P$  в множину невід'ємних цілих чисел  $N$ . Маркування можна також подати у вигляді  $n$ -мірного вектора  $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ , де  $n = |P|$ ,  $\mu_i \in N$ . Вектор  $\mu$  визначає для кожного учасника  $p_i$  кількість фішок в цій позиції  $\mu_i$ . Частіше застосовується позначення маркування в вигляді функції  $\mu(p_i) = \mu_i$ .

Маркована система  $M = (C, \mu)$  – це сукупність структури системи  $C = (P, T, I, O)$  і маркування  $\mu$ . На графі фішки позначаються у вигляді точки всередині кружка, що позначає дану позицію учасника.

*Виконання* системи  $C$  – це перерозподіл фішок за допомогою запуску процесів. При запуску процесу фішки видаляються з його вхідних позицій учасників і додаються до його вихідних позицій учасників. Процес може запускатися лише в тому випадку, коли він дозволений. Перехід називається дозволим, якщо кожна з його вхідних позицій має число фішок не менше ніж число дуг з позиції в процесі. Фішки у вхідній позиції, що дозволяють процес називаються *дозволяючими*.

Процес  $t_j \in T$  в маркованій мережі Петрі  $C = (P, T, I, O)$  з маркуванням  $\mu$  дозволений, якщо для всіх  $p_i \in P$  виконується умова [4]

$$\mu(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j)). \quad (6)$$

Процес запускається видаленням всіх дозволяючих фішок з його вхідних позицій і наступним додаванням фішок у кожен з його вихідних позицій по одній фішці для кожної дуги. Процес  $t_j$  в маркованій системі з маркуванням  $\mu$  може бути запущений кожний раз, коли він дозволений. В результаті запуску дозволеного

переходу  $t_j$  утворюється нове маркування  $\mu'$ , яке визначається таким співвідношенням [8]:

$$\mu'(p_i) = \mu(p_i) - \#(p_i, I(t_j)) + \#(p_i, O(t_j)). \quad (7)$$

*Стан* системи  $C$  визначається її маркуванням. Запуск будь-якого з процесів змінює стан системи шляхом зміни її маркування. Простір станів системи, що має  $n$  учасників це множина всіх маркувань, тобто  $N_n$ . Зміна стану системи викликана запуском процесу і визначається функцією  $\delta$ , яка називається *функцією наступного стану*. Функція наступного стану  $\delta$  для системи  $C = (P, T, I, O)$  з маркуванням  $\mu$  і процесом  $t_j \in P$  визначена тоді і лише тоді, коли  $\mu(p_i) \geq \#(p_i, I(t_j))$  для всіх  $p_i \in P$ . Якщо  $\mu(p_i)$  визначена, то  $\delta(\mu, t_j) = \mu'$ , де  $\mu'(p_i) = \mu(p_i) - \#(p_i, I(t_j)) + \#(p_i, O(t_j))$  для всіх  $p_i \in P$  [9].

Нехай дана система  $C = (P, T, I, O)$  з початковим маркуванням  $\mu^0$ . Ця мережа може бути виконана послідовними запусками процесів. Запуск дозволеного процесу  $t_j$  призведе до утворення нового маркування  $\mu^1 = \delta(\mu^0, t_j)$ . В отриманому маркованому графі можна запустити будь-який інший дозволений процес, наприклад  $t_k$ . Отримуємо маркування  $\mu^2 = \delta(\mu^1, t_k)$ . Цей процес можна продовжувати до того часу, доки дозволений хоча б один процес.

При виконанні системи отримуємо дві послідовності. Послідовність маркувань  $(\mu^0, \mu^1, \mu^2, \dots)$  і послідовність процесів які запускаються  $(t_{j1}, t_{j2}, t_{j3}, \dots)$ . Ці послідовності зв'язані таким співвідношенням [4, 8]:

$$\delta(\mu_k, t_{jk}) = \mu_{k+1}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

За допомогою цього співвідношення, маючи структуру системи  $C = (P, T, I, O)$ , початкове маркування  $\mu^0$  та послідовність станів  $(t_{j1}, t_{j2}, t_{j3}, \dots)$  можемо отримати послідовність  $(\mu^0, \mu^1, \mu^2, \dots)$ . Зворотній процес від послідовності маркувань до послідовності процесів можливий у більшості випадків, за виключенням деяких вироджених випадків.

Для системи  $C = (P, T, I, O)$  з маркуванням  $\mu$  маркування  $\mu'$  називається *безпосередньо досяжним* з  $\mu$ , якщо існує процес  $t_j \in T$ , такий, що  $\delta(\mu, t_j) = \mu'$ , тобто  $\mu'$  можна отримати з  $\mu$  запуском одного з дозволених процесів.

Множина досяжності  $R(C, \mu)$  для системи  $C = (P, T, I, O)$  з маркуванням  $\mu$  – це найменша множина маркувань, визначених таким чином:

1.  $\mu \in R$ ;
2. Якщо  $\mu' \in R$ , то для всіх  $\mu'' = \delta(\mu', t_j)$ ,  $t_j \in T$  виконується  $\mu'' \in R$ , тобто якщо якийсь маркування належить множині досяжності, то всі досяжні з нього маркування також належать їй.

Часто користуються поняттям розширеної функції наступного стану. Розширена функція вхідного стану

визначається для маркування  $\mu$  та послідовності процесів  $\sigma = (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_n})$  таким правилом [4, 12]:

$$\mu' = \delta(\mu, \sigma) = \delta(\dots\delta(\delta(\mu, t_{j_1}), t_{j_2})\dots, t_{j_n}), \quad (9)$$

тобто спочатку запускаємо процес  $t_{j_1}$ , потім  $t_{j_2}$  і так далі, до  $t_{j_n}$ .

Дерево досяжності системи  $S$  є ілюстрацією множини досяжності  $R(S, \mu)$ . Оскільки в багатьох випадках множина досяжності є нескінченною, то існують певні правила, які дозволяють відобразити її скінченим деревом досяжності.

Для приведення дерева досяжності до скінченного представлення використовуються такі правила [8–9].

1. Пасивні маркування – тобто маркування в яких немає дозволених процесів є *термінальними вершинами* дерева досяжності (не мають власних піддерев досяжності).

2. Якщо отримане маркування вже зустрічалось в дереві досяжності раніше, то такі маркування називають *дублюючими вершинами*. Розгляд дублюючих вершин зайвий, оскільки отримане піддерево буде аналогічне.

3. Якщо в дереві досяжності отримуємо маркування, яке є більшим за одне з попередніх (на шляху до кореня) маркувань, то у всіх позиціях проставляємо символ  $\omega$ .

За допомогою цих трьох правил, множину досяжності будь-якої системи можна подати у вигляді скінченого дерева.

### АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для прикладу побудуємо систему фінансових взаємовідносин між наступними учасниками: користувач-клієнт ( $p_1$ ), Інтернет-аукціон ( $p_2$ ), банк клієнта та Інтернет-аукціону ( $p_3$ ), Інтернет-магазин ( $p_4$ ), банк Інтернет-магазину ( $p_5$ ).

Аналогічно, маємо наступні процеси: оплата за товар/послугу з боку клієнта ( $t_1$ ), фінансовий процес взаємодії між Інтернет-аукціоном, Інтернет-магазином та банком клієнта ( $t_2$ ), фінансові операції між Інтернет-магазином та його банком ( $t_3$ ), переказ грошей на рівні банків та Інтернет-магазину ( $t_4, t_5$ ).

Для наведеного вище прикладу системи розширена вхідна і вихідна функції будуть виглядати таким чином:

$$\begin{aligned} I(p_1) &= \{\}; & O(p_1) &= \{t_1\}; \\ I(p_2) &= \{t_1, t_2\}; & O(p_2) &= \{t_2\}; \\ I(p_3) &= \{t_1, t_4\}; & O(p_3) &= \{t_2, t_5\}; \\ I(p_4) &= \{t_1, t_1, t_4\}; & O(p_4) &= \{t_2, t_3, t_3\}; \\ I(p_5) &= \{t_3, t_5\}; & O(p_5) &= \{t_4\}. \end{aligned}$$

На рис. 3. подано граф системи з прикладу на рис. 2 з маркуванням  $\mu = (1, 2, 4, 8, 15)$ . На рис. 3. фішка в позиції  $p_1$  є дозволяючою для процесу  $t_1$ . Приклади запуску процесів системи  $S$  подано на рис. 4. На рис. 4. процес  $t_4$  не може бути запущений.

Для прикладу розглянемо систему, зображену на рис. 3. Її початкове маркування  $\mu^0 = (1, 1, 3, 2, 1)$  буде

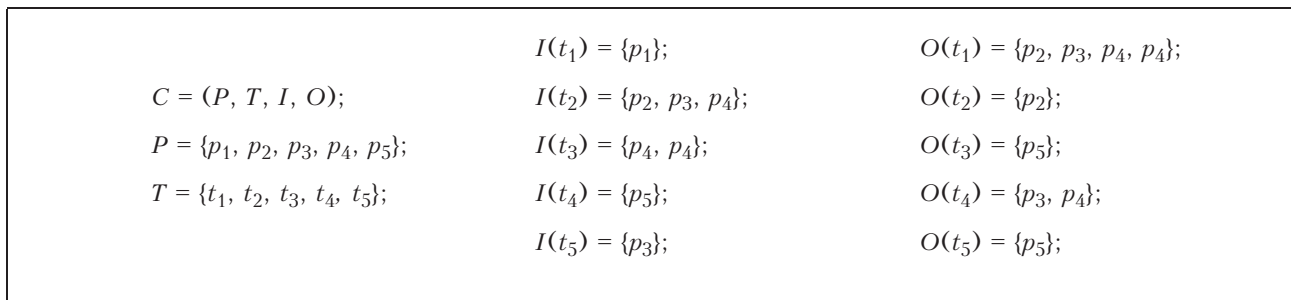


Рисунок 2 – Приклад системи  $S$  у віртуальному світі електронної комерції

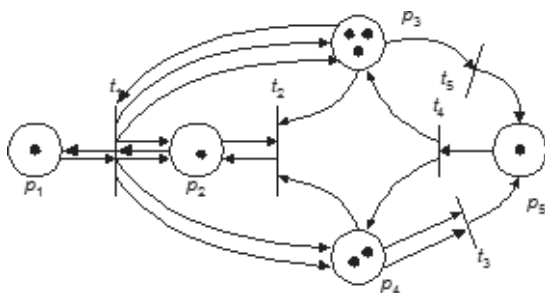


Рисунок 3 – Приклад графу маркованої системи  $S$ , представленій мережею Петрі

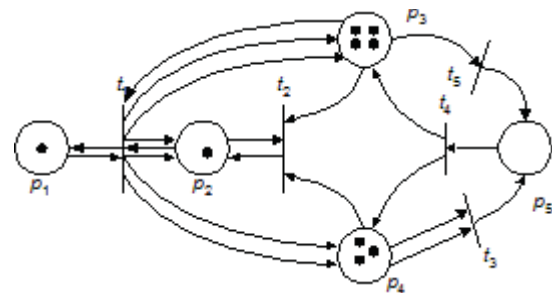


Рисунок 4 – Маркування отримане в результаті запуску переходу  $t_4$  графу зображеного на рис. 3

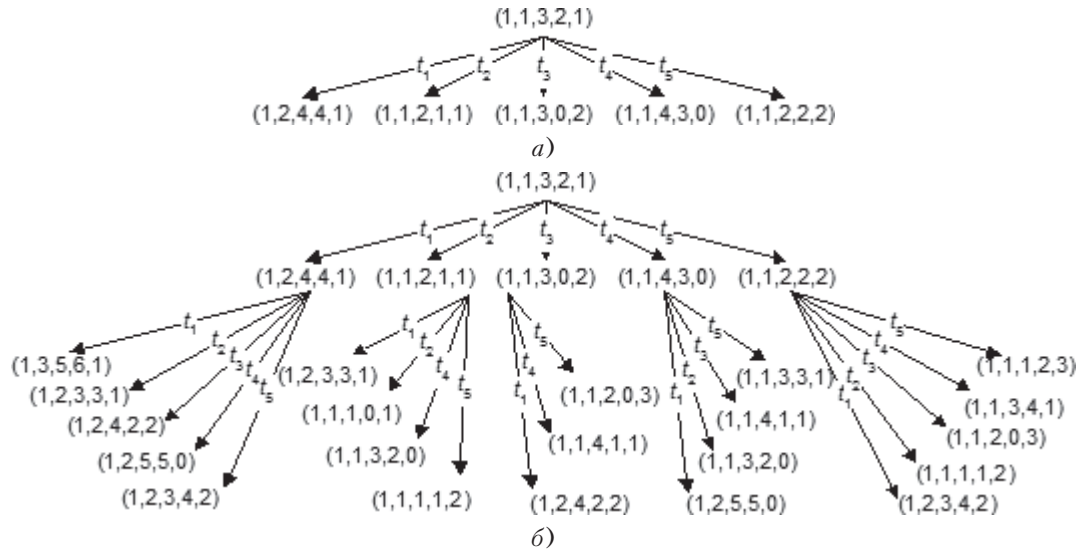


Рисунок 5 – Побудова дерева досяжності:  
а – перший крок; б – другий крок

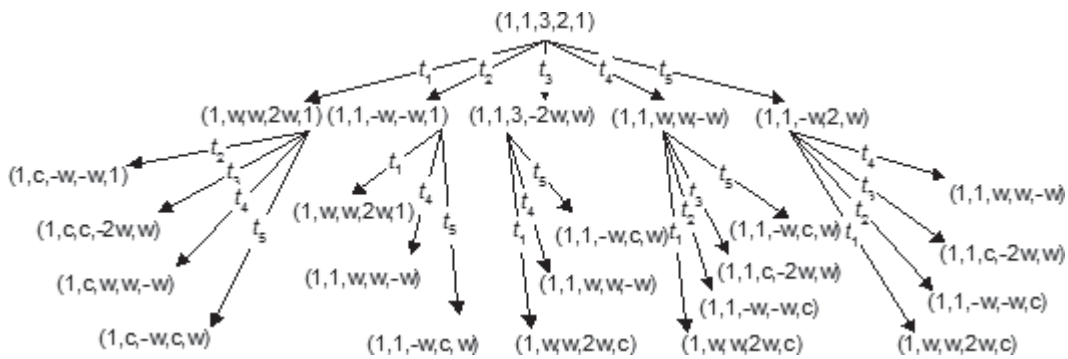


Рисунок 6 – Приведене дерево досяжності

початковою вершиною (коренем) дерева досяжності. В  $\mu^0$  дозволені два процеси –  $t_1 - t_5$ . Нові вершини дерева досяжності будуються для всіх безпосередньо досяжних з  $\mu^0$  маркувань і до них з початкової вершини ведуть дуги помічені процесом, що запускається. В результаті запуску  $t_1$  отримаємо  $\mu_1^1 = (1, 2, 4, 4, 1)$ , а в результаті запуску  $t_2$  отримаємо  $\mu_2^1 = (1, 1, 2, 1, 1)$ . Таким чином, перший крок побудови дерева досяжності буде мати вигляд, зображений на рис. 5. Аналогічно, здійснюються наступні кроки.

Розглянемо послідовність запусків  $t_1 t_1 t_1$ . Кожен раз, отримане маркування відрізняється від попереднього лише кількістю фішок в  $p_2-p_3$  (зростає на одиницю) та в  $p_4$  (зростає на дві одиниці). Запускаючи процес  $t_1$  багато раз можна отримати яке завгодно велике число фішок в ньому. Так як запуск процесу збільшує кількість фішок в одній (декількох) позиції залишаючи незмінною кількість фішок в інших, то маркування позиції (позицій), в якій кількість фішок

збільшилось, прийнято позначати символом  $\omega$ . Символом  $c$  позначимо стали кількість фішок в позиції маркування, яка не змінюється на  $n$  кроці побудови дерева досяжності. Можна розширити це поняття на послідовність процесів  $\sigma$ , яка збільшує кількість фішок в якійсь позиції, не змінюючи інші позиції. Таким чином, якщо в дереві досяжності отримуємо маркування, яке є більшим за одне з попередніх (на шляху до кореня) маркувань, то у всіх позиціях, що є більшими, проставляємо символ  $\omega$  (рис. 6).

**ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ НАУКОВИХ РОЗВІДОК**

Пов'язані з електронною комерцією правові питання спроможні сильно вплинути на її розвиток, проте вони ще чекають свого вирішення. Вони стосуються конфіденційності, оподаткування електронної комерції і кон-

тролю за экспортом криптографічних технологій та правових фінансових взаємовідносин між учасниками віртуального світу електронної комерції. Незалежно від того, як працює компанія, електронна трансформація вже не є предметом вибору. Це вже є необхідністю для успішного розвитку бізнесу.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Береза А. М. Електронна комерція. – Київ, 2002.
2. Галіцин В. К., Левченко Ф. А. Обчислювальні системи та мережі. – К.: КНЕУ, 1997.
3. Джерк Н. Разработка приложений для электронной коммерции. – СПб: Питер, 2001.
4. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: «Новий світ – 2000», 2003. – Стор. 286–322.
5. Катренко А. В. Системні аспекти розвитку архітектури підприємства // Інформаційні системи та мережі. – 2002. – № 464. – С. 123–131.

6. Козье Девид. Электронная коммерция. – Москва: Русская Редакция, 1999.
7. Крупник А. Бизнес в интернет. – Москва: Микроарт, 2002.
8. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.
9. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М.: ВШ, 1985.
10. Успенский И. Энциклопедия Интернет-бизнеса. – СПб.: Питер, 2001.
11. Холмогоров В. Интернетмаркетинг. – СПб.: Питер, 2001.
12. Эймор Дэниел. Электронный бизнес. – Москва: Вильямс, 1999.

Надійшла 9.02.07

*В статье проанализированы основные проблемы электронной коммерции и предложены методы решения этих проблем.*

*In the given article main problems of electronically commercial are analyzed. New methods for solution of discussed problems are proposed.*

УДК 519.2:368.01

С. Н. Герасин, М. А. Козлов

## СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ МЕЖПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОТОКОВ

*Предложена стохастическая интерпретация модели динамического распределения ресурсов. Формализм модели использует язык неоднородных марковских цепей. Показана возможность использования предложенной модели в задачах экономического прогнозирования.*

### ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая модель динамического распределения межпроизводственных потоков (в денежном выражении) отражает взаимосвязь между структурой производства и потребления (на уровне региона или в целом по народному хозяйству) и изменением дохода отдельных предприятий (отраслей) и суммарного дохода по региону в целом (валового национального дохода). В модели используется известный принцип представления структуры производства-потребления в виде матрицы коэффициентов затрат [1] замкнутой системы, а также метод отражения зависимости между объемом дохода и структурой производства-потребления с помощью матрицы коэффициентов прибыльности вложений [2].

Модель позволяет:

1) осуществить выбор оптимальной, с точки зрения роста суммарного дохода, структуры производства-потребления;

2) осуществить выбор оптимальной структуры производства для того или иного предприятия (той или иной отрасли), с точки зрения роста его (ее) доходов, при заданной структуре производства других предприятий региона (других отраслей народного хозяйства);

3) осуществить прогноз изменения суммарного дохода и (или) дохода той или иной отрасли при данной структуре производства-потребления.

### ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Введем некоторые обозначения:

$V(t)$  – суммарный доход (валовой национальный продукт) на момент  $t$ ;

$p(t) = (p_1(t), p_2(t), \dots, p_n(t))$  – вектор коэффициентов распределения суммарного дохода (валового национального продукта) по предприятиям региона (отраслям народного хозяйства):

$V_j(t) = v(t)p_j(t)$  – доход  $j$ -го предприятия ( $j$ -й отрасли) на момент  $t$ ;

$P(t) = \|p_{ij}(t)\|_{i,j=1}^n$  – матрица коэффициентов затрат, отражающая структуру производства-потребления: