

Ю. А. Пасенченко,
к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри математичного моделювання економічних систем,
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
О. І. Назаренко,
аспірантка,
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ ДІЯЛЬНОСТІ ІЄРАРХІЧНОЇ ТОРГОВОЇ МЕРЕЖІ У СЕРЕДОВИЩІ POWERSIM

Y. Pasenchenko,
PhD, associate professor of mathematical modeling of economic systems department,
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
O. Nazarenko,
PhD student, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

POWERSIM SIMULATION OF BUSINESS SCENARIOS FOR HIERARCHICAL DISTRIBUTION NETWORK

У статті розглянуто діяльність ієрархічної торгової мережі як об'єкта системної динаміки. Обґрунтовано доцільність використання методів імітаційного моделювання для врахування динамічності, стохастичності, дискретно-неперервності та нелінійності торгових систем. Наведено концептуальну схему діяльності "центру" ієрархічної торгової мережі як керівного органу. Розглянуто найбільш поширені функції стимулювання попиту. Побудована модель системної динаміки діяльності торгової мережі з використанням середовища імітаційного моделювання Powersim. Проаналізовано результати діяльності торгової мережі при різних функціях стимулювання попиту: заохочення при будь-якому замовленні, стимулювання при замовленні вищому за встановлене центром, стимулювання зі штрафами і заохоченнями, діяльність без стимулювання. Наведені графіки їх одиничних реалізацій. Порівняно результати застосування функцій стимулювання попиту за показниками прибутковості, обсягу запасів та обсягу реалізованої продукції. Надано рекомендації щодо використання відповідних функцій стимулювання для досягнення цілей компанії (мінімізації рівнів запасів, максимізації прибутку, максимізації обсягів продажів).

Among the existing imitation methods (Monte Carlo method, statistical modelling, game simulation, agent-based model, discrete modelling, models of system dynamics), we chose the concept of system dynamics created by Jay Forrester as the most suitable tool to model a system featuring dynamics, stochasticity, discrete continuity, nonlinearity. Incentives in hierarchical economic systems are considered to be the main factor in managing and distribution of inventory. Decision support system elaborated with Powersim software simplifies analyzing of possible scenarios to develop retail network. The most common functions to stimulate demand are considered: discount for each order, discount if order is above than set by center, stimulation with penalties and rewards, company's activity without stimulation. The graphs of their individual implementations are reflected. In this paper, we compared the results of the function of demand stimulation in terms of profitability, the amount of inventory and the amount of sales. Recommendations of usage stimulation in order of reaching the aim (inventory minimization, profit maximization, turnover maximization) are made.

*Ключові слова: торгова мережа, системна динаміка, стимулювання попиту.
Key words: retail network, system dynamics, demand stimulation.*

ВСТУП

Розвиток сфери розподілу товарів та послуг України визначає важливість управління процесами комерційно-посередницької діяльності. Торгівля заповнює весь ринковий простір і виступає партнером для виробників і споживачів.

Динаміка роздрібного товарообігу за 1998—2011 роки характеризується стрімким сталим зростанням. Це

пояснюється як розвитком внутрішнього виробництва, так і підвищенням зацікавленості міжнародних компаній до України як ринку збуту [1] (рис. 1).

Збільшення обсягів торгівлі забезпечується відповідним зростанням заробітної плати. У свою чергу, це посилює роль підприємств, що задіяні в процесі розподілу товарів, та визначає актуальність дослідження методів і моделей управління компаній цієї сфери бізнесу

зادля підвищення ефективності їх діяльності та задоволення потреб інших об'єктів суспільства: держави, населення (рис. 2).

До того ж, як видно з наведеного вище рисунку, продовження тенденції зростання ринку торгівлі підтверджується ненасиченістю споживання населення України порівняно із іншими країнами.

Проблема підвищення ефективності торгового процесу перебуває у полі зору дослідників давно і знайшла відображення в роботах відомих зарубіжних вчених: Ф. Харріса, К. Стефанік-Алмейера, К. Андлера, Р. Уілсона, Дж. Букана, Е. Кенігсберга, П. Зерматі, П. Мілгрона, Дж. Роберта; російських — Д.А. Тектова, М.Г. Гастратова, А.В. Козлова, І.В. Грильової, А.М. Маслікова, А.Е. Фарафанова, А.К. Голоскової, О.В. Бадокіна, В.А. Лотоцького, О.В. Козлова, М.В. Вегери, В.И. Рижикова, Д.Н. Кузнєцова, С.С. Толстих; українських — О.С. Гордієнко, О.М. Ляшенка, О.А. Круглової, Т.В. Павленко, В.В. Лифар, С.Ю. Мелешенка, І.В. Федосова, П.Е. Пустовойтова, А.А. Мазаракі, Л.О. Лігоненко, Н.М. Ушакова, В.В. Вітлінського, С.Д. Ткаліченка, Є.В. Крикавського, Н.М. Богацької, Р.В. Колчіна, Т.Я. Лагоцького, О.В. Чаусової та інших.

Низка проведених досліджень з управління запасами створила міцну основу, що успішно застосовується торговими підприємствами. Проте сучасні способи ведення бізнесу вимагають розробки механізмів взаємодії між кількома незалежними учасниками процесу, які прагнуть задовольнити власні інтереси і в той же час працюють над спільною метою. Сьогодні діяльність підприємства розглядається не тільки з позиції прибутковості, а й у рамках концепції збалансованого розвитку фінансів, клієнтів, внутрішніх процесів та персоналу [2].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Завданням роботи є розробка інструментарію для підтримки прийняття рішень керівником "центру" торгової мережі щодо функції стимулювання попиту, оптимальної для конкретної категорії товарів і структури мережі.

Інструментарій повинен відображати особливості функціонування торгової системи: динамічність, стохастичність, дискретно-неперервність, відсутність лінійної залежності між параметрами системи, тобто її нелінійність.

Методологія. При виконанні роботи методологічним підґрунтям стало застосування системного аналізу, комплексного підходу, що базується, з одного боку, на принципах економічної теорії, а з другого — на концептуальних засадах економіко-математичного моделювання процесів в економічних системах. Через складність описаних систем для їх дослідження використовують методи імітаційного моделювання. Серед існуючих методів (метод Монте-Карло, статистичне моделювання, ігрове моделювання, агентне моделювання, дискретне моделювання, моделі системної динаміки) було обрано концепцію системної динаміки, започатковану Джейм Форестером, як най-



Рис. 1. Динаміка роздрібного товарообігу та середньомісячної заробітної плати, грн.

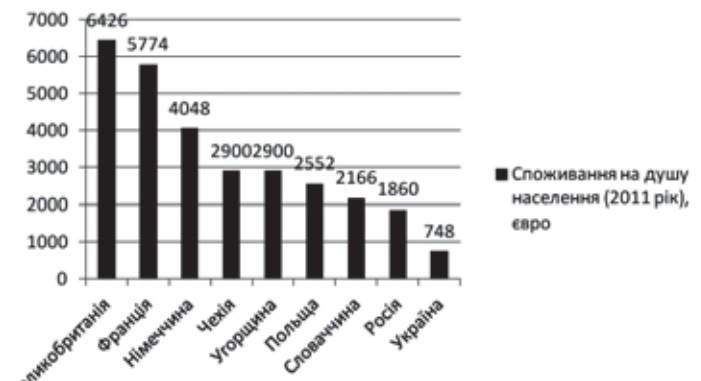


Рис. 2. Споживання на душу населення деякими країнами світу (2011 рік), євро

зручніший інструмент моделювання у даному випадку [3]. Даний метод дає змогу швидко прораховувати різні варіанти майбутнього (моделювати сценарії), змінюючи початкові дані, отримані експертним шляхом; виявити найбільш критичні чинники (таким чином, їх можна ранжувати за ступенем важливості), загрози і можливостей, що з'являються в модельованому середовищі; використати велику кількість причинно-наслідкових зв'язків між елементами імітаційної моделі; забезпечити наочність даних, що вводяться, та отриманих результатів [4]. Стимулювання в ієрархічних економічних системах розглядається як основний фактор управління та розподілу торгових запасів.

Таблиця 1. Показники фінансової складової збалансованої системи показників відповідно до етапу розвитку компанії і обраної стратегії

Стратегія	Ріст доходу	Скорочення витрат	Використання активів
Етап розвитку компанії			
Етап росту	прибутковість продукту, прибутковість клієнта, % неприбуткових клієнтів	собівартість одиниці продукції/послуги	окупність, продуктивність
Стійкий період	доля цільових клієнтів, доля перехресних продажів, прибутковість продукту, прибутковість клієнта	відсоток особистих витрат по відношенню до конкурентів, % скорочення витрат	коефіцієнт ліквідності оборотного капіталу, коефіцієнт використання активів, коефіцієнт прибутковості по основним активам
Період «Збору врожаю»	ріст об'ємів продажів у сегменті ринку, % доходу від продажів нового продукту, % доходу від продажів новим клієнтам	кількість отриманого доходу до кількості персоналу	інвестиції (% продажів), дослідження і розвиток (% продажів)

Переваги використання системної динаміки для стратегічного управління полягає в наступному: можливість використання багатокритеріальних критеріїв при побудові і дослідженні моделей; проведення досліджень на основі неповної інформації; імітаційна модель є найбільш відповідною для дослідження динамічних ситуацій, коли параметри системи і середовища міняються в часі; дослідження поведінки системи за допомогою виявлення причинно-наслідкових зв'язків і взаємодій циклів зворотного зв'язку, що виявляються в особливостях її структурної організації; легка інтерпретація системних діаграм, що дає можливість проведення спільних експертних ревізій при обговоренні проблем, формуванні ментальної моделі і вироблення погоджених рішень; імітаційна модель виступає як зручний інструмент експериментального програмування великої кількості сценаріїв типу "що-якщо"; технологія проведення сценарного дослідження на імітаційній моделі передбачає активну участь експерта в процесі формування ментальної моделі та прийняття рішення, — він деталізує проблему і модель, здійснює генерацію альтернатив і сценаріїв, постановку направлено обчислювального експерименту на імітаційній моделі, вибір і ранжирування критеріїв, а також аналіз та інтерпретацію результатів сценарних розрахунків, що дозволяє враховувати суб'єктивні переваги експерта і його досвід у процесі прийняття рішення [5].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розглянуто діяльність ієрархічної торгової системи, що складається з центру, дистриб'юторів та клієнтів нижнього рівня із цільовою функцією, що відображає збалансовану систему показників компанії і включає [2]:

- фінансові показники;
- показники взаємодії з клієнтами;
- показники ефективності внутрішніх процесів;
- показники навчання та розвитку.

При чому залежно від того, на якому етапі розвитку вона перебуває, пріоритетність цих показників може змінюватися. Математично це може формалізуватися різними згортками [2].

Виділяють 3 етапи розвитку організації: етап росту, етап стійкого стану, етап "збору врожаю". На кожному з етапів збалансована система показників буде різною. Також на кожному з етапів може застосовуватися один з напрямів для досягнення обраної стратегії [8]:

- 1) Ріст доходу і розширення структури діяльності;
- 2) Скорочення витрат і підвищення продуктивності;
- 3) Використання активів та інвестиційна стратегія.

Відповідно до етапу розвитку компанії та обраної стратегії, до збалансованої системи показників повинні включатися різні елементи. У таблиці 1 наведено приклад показників фінансової складової відповідно до етапу розвитку компанії і обраної стратегії.

Інструментом для реалізації імітаційної моделі діяльності ієрархічного торгового підприємства та обчислення збалансованої системи показників було обрано методи системної динаміки.

Серед інструментів, що дозволяють будувати моделі системної динаміки, Dynamo, Vensim, i Think, STELLA, Powersim, Rusim, AnyLogic за критеріями зручності та дешевизни було обрано середовище Powersim.

Моделі системної динаміки будуються, виходячи із абстракцій і таких елементів, як рівень (накопичує зміну, яка відбувається за рахунок потоків), потік (зміна, яка впливає на рівні), потік з темпом (темп — змінна, яка

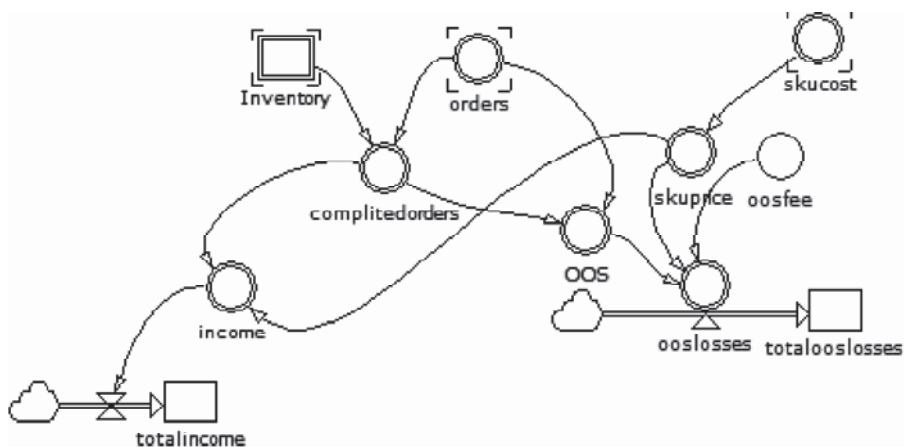


Рис. 3. Вигляд блоку врахування втрат від незадоволеного попиту у середовищі Powersim

регулює потік), константа (змінна з фіксованим значенням), зв'язок (передає інформацію від одного елемента до іншого), зв'язок із запізненням.

Приклад взаємодії елементів показано на блоці врахування втрат від незадоволеного попиту відображеного далі (рис. 3).

Оцінка впливу стимулювання (знижки на продукцію) на агентів визначається шляхом розрахунку функції еластичності попиту для вказаного типу товару на основі історичних даних, що мали місце при ідентичних ринкових умовах.

Нехай $H(\cdot)$ — функція доходу центру, функція $c(\cdot)$ — витрат агента, стимулювання не може перевищувати дохід, який одержує центр від діяльності агента, y — обсяг продукції замовленої агентами, z — загальні витрати на продаж товару, $\sigma(y)$ — функція стимулювання, яка ставить у відповідність дії агента деяке невід'ємне винагородження, яке виплачується йому центром [7].

Розроблений інструментарій дозволяє порівнювати вплив застосування різних функцій стимуляції на кумулятивний прибуток "центру", середній рівень запасів та обсяг реалізованої продукції.

Розглянемо приклад: досліджується продаж товару протягом 1 року, ціна реалізації 1 ящика 37,5 грн. Історична еластичність попиту 0,5. Середній денний попит — 23,8 ящика. Попит на продукт має незначні сезонні коливання. Впроваджується стимулювання — знижка 10% протягом 1 місяця — березня. Результат 1 прогону моделі для оцінки впливу кожного із способів надання знижки 10%, розглянемо далі:

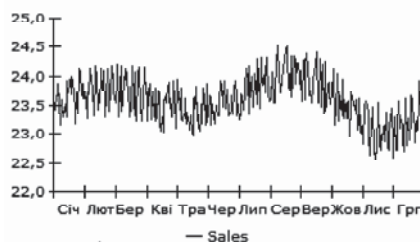


Рис. 4. Попит без стимулювання, ящики

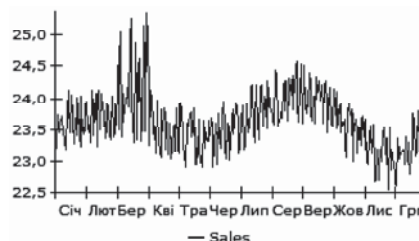


Рис. 5. Попит зі стимулюванням при певному мінімальному замовленні, ящики

- 1) денний обсяг попиту на продукцію без стимулювання (рис. 4);
- 2) денний обсяг попиту на продукцію зі стимулювання при замовленні не меншому ніж вказане центром (рис. 5);
- 3) денний обсяг попиту на продукцію із заохоченням клієнта при будь-якому замовленні (рис. 6);
- 4) денний обсяг попиту на продукцію із системою штрафів і надбавок: знижка 10% при замовленні не меншому ніж вказане центром, штраф 10% при замовленні меншому ніж вказане центром (рис. 7).

Проведено порівняння усереднених даних впровадження стимулювання, для цього виконано по 300 прогонів моделі для кожного випадку, результати наведено у таблиці 2.

Потрібно зазначити, що наведені результати відповідають заданим параметрам еластичності попиту, розміру стимулювання та характеристикам мережі поставок. При зміні вхідних даних кількісні результати стимулювання відповідно зміняться. Однак, максимальний прибуток, максимальний обсяг реалізації, мінімальний обсяг запасів при відповідних видах заохочення збережуться.

ВИСНОВКИ

Результати імітаційних експериментів дозволяють зробити наступні висновки:

1) максимальний обсяг реалізації продукції і мінімальний рівень запасів досягається при наданні знижки дистриб'ютору при будь-якому замовленні;

2) стимулювання із вказаним мінімальним рівнем замовлення поступається за обсягом реалізації і рівнем запасів, але є більш прибутковим;

3) функція стимулювання зі штрафами і надбавками показала гірший результат з точки зору рівня запасів та обсягу реалізації продукції. Це можна пояснити низькою зацікавленістю дистриб'юторів у роботі із "центром", що впроваджує штрафні санкції, як результат ефекту зворотної еластичності попиту (зниження попиту через підвищення ціни на товар). Прибуток при даному способі стимулювання краще за стимулювання із вказаним мінімальним рівнем замовлення. Проте, важливо зазначити, що даний вид стимулювання може негативно вплинути на партнерські стосунки між центром і дистриб'юторами, тому оцінка ефективності його використання має це врахувати;

4) розроблений інструментарій дозволяє зімітувати основні напрями діяльності ієрархічної торгової мережі. Експериментальні прогони моделі дають змогу оцінити можливі стратегії розвитку компанії, що слугує незамінним інструментом підтримки прийняття рішення в управлінні торговою мережею. Модель дозволяє врахувати випадковий характер попиту на продукцію, що дозволяє використовувати модель у різних категоріях товарів широкого вжитку;

5) вперше отримано модель системної динаміки для управління ієрархічною торговою мережею. Її використання при прийнятті рішення щодо вибору функції стимулювання попиту дозволяє максимізувати прибутки у довгостроковому періоді та мінімізувати рівень запасів продукції.

Література:

1. Державна служба статистики України. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Назаренко О.І. Збалансована система показників управління запасами в ієрархічній торговій мережі /

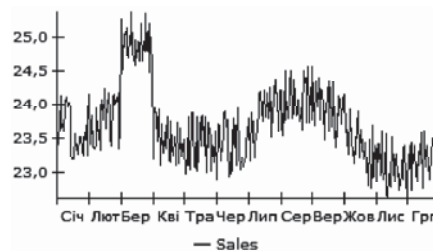


Рис. 6. Попит при стимулюванні при будь-якому замовленні, ящики

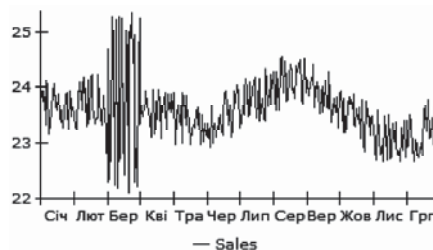


Рис. 7. Попит із системою штрафів і надбавок, ящики

Таблиця 2. Порівняння результатів впровадження різних видів стимулювання

Вид функції стимулювання	Кількість проведених імітацій	Прибуток за місяць	Середнь-місячний рівень запасів	Місячний обсяг реалізованої продукції, ящиків
Без стимулювання	300	15831 грн.	1424 грн.	711
Замовлення не менше вказаного центром	300	16 182 грн.	1413 грн.	730
Заохочення клієнта при будь-якому початковому замовленні	300	16 511 грн.	1402 грн.	747
Стимулювання зі штрафами і надбавками	300	15 841 грн.	1425 грн.	712

Ю.А. Пасенченко, О.І. Назаренко // Економічний вісник НТУУ "КПІ". — 2012. — №9. — С. 505—509.

3. Форрестер, Дж. Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / Дж. Форрестер; пер. с англ.; общ. редакция и предисловие Д.М. Гвишиани. — М.: Прогресс, 1971. — 340 с.

4. Левченко Ф.М. Системна динаміка як метод дослідження військової охорони здоров'я України / Ф.М. Левченко // Збірник наукових праць Центру воєнної стратегічних досліджень Національного університету оборони України. — 2011. — № 3 (44).

5. Лычкина Н.Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических решений на предприятия / Н.Н. Лычкина // Бизнес-информатика. — 2007. — № 1. — С. 29—35.

6. Худа В.В. Діяльність гуртових підприємств як елемент функціонування ринкового середовища / В.В. Худа, Н. О. Кузьміна, С. О. Кириченко // Проблеми формування нової економіки XXI століття: зб. наук. праць за матер. міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції, 17—19 грудня 2008 р. — Режим доступу: http://www.confcontact.com/2008dec/6_huda_kuzmin.php

7. Ткаліченко С.В. Математичне моделювання управління запасами в ієрархічних системах, 08.00.11 "Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці": 08.00.11/ С.В. Ткаліченко. — К., 2009. — 193 с.

8. Kaplan R. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System / Robert Kaplan, David Norton // Harvard Business Review. — 1996. — Vol. 74, № 1.

Стаття надійшла до редакції 06.06.2013 р.