

## ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПРОГНОЗІВ ПОПИТУ ТОВАРІВ МАСОВОГО СПОЖИВАННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТІВ

\*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Київ, Україна

***Анотація.** У статті запропоновано технологію отримання прогнозів попиту товарів масового споживання, основою якої є математична модель процесу, що використовує знання експерта у даній галузі.*

***Ключові слова:** математичне моделювання, експертна оцінка, економетрика.*

***Аннотация.** В статье предложена технология получения прогнозов спроса товаров массового потребления, основанная на создании математической модели процесса, использующей знание эксперта в заданной области.*

***Ключевые слова:** математическое моделирование, экспертная оценка, эконометрия.*

***Abstract.** In this paper the technology of demand forecasts of consumer goods, based on the creation of mathematical model of the process using expert knowledge in a define area.*

***Keywords:** mathematic modeling, expert evaluation, econometrics.*

### 1. Вступ

Чим далі відходить Україна від планової економіки до ринкової, тим суттєвішим для виробників товарів стає проблема прогнозування попиту. Особливо це стосується крупних виробників товарів масового попиту, для яких зміна попиту на декілька відсотків може призвести до багатомільйонних збитків. Тому з кожним роком задача отримання якісних прогнозів стає все гострішою. Створення математичної моделі процесу стандартними математичними методами в багатьох випадках не дає якісного результату [1] і цьому є декілька причин [2, 3].

Ми зупинимось більш детально на них у наступних розділах нашої роботи, але основною причиною є недостатня кількість даних для проведення повноцінного аналізу. Однак цей недолік можна компенсувати, використовуючи як додаткові дані знання експерта [4]. Не дивлячись на те, що знання експертів погано формалізовані [5], вони можуть бути використані як при створенні моделі попиту, так і при оцінці результатів прогнозування.

У даній статті ми пропонуємо до розгляду технологію побудови прогнозів попиту товарів масового споживання (ПТМС), основа якої полягає у використанні експертних знань та їх формалізації.

### 2. Проблеми, що виникають при створенні моделі ПТМС

Вимоги до кожної моделі ПТМС індивідуальні і залежать від потреб і можливостей замовника. Однак ми можемо сформулювати типові вимоги та проблеми, що є характерними для більшості моделей ПТМС. Для більшої прозорості як приклади ми спробуємо описати створення моделі попиту для солодкої газованої води вигаданої марки Кола-лока.

#### 2.1. Довжина часових послідовностей

Вхідними даними для моделі можуть бути історія продаж товару, його характеристики, рекламні акції, мікро- та макроекономічні тренди, що мають на нього вплив, тощо. Набір даних визначається, як було зазначено раніше, окремо в кожному конкретному випадку. Але для більшості моделей ПТМС є спільним те, що при моделюванні використовуються історичні дані за останні 3–7 років. Це зумовлено тим, що ринок за 3–7 років зазнає насті-

льки суттєвих змін (рис. 1), що ті закономірності, які були суттєвими раніше, можуть бути зайвими або навіть шкідливими у теперішній ситуації. Використання таких коротких історичних інтервалів робить неефективним використання більшості методів регресійного аналізу. І це є однією із основних проблем при створенні моделей ПТМС. Брак статистичного матеріалу приводить до того, що, використовуючи різні підходи, можна отримати прогнози, які не тільки відрізняються за значенням, а й мають різні тенденції: одна модель може показувати, що споживання товару буде істотно збільшуватись, тоді як друга вказує

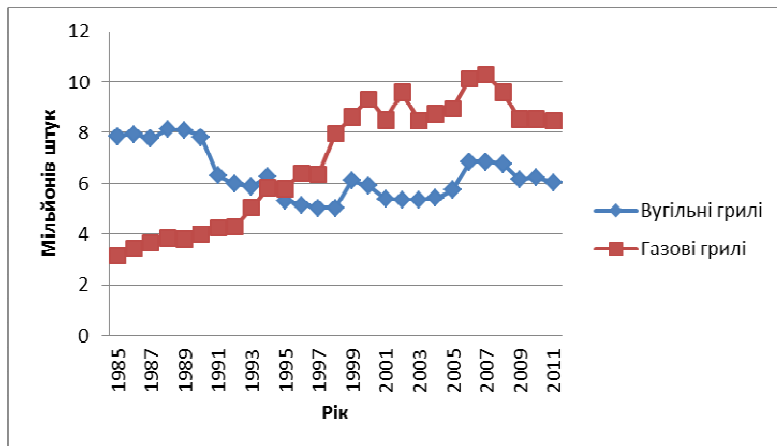


Рис. 1. Довгострокова динаміка попиту на різні види грилів у США, за даними «Hearth, Patio & Barbecue Association (HPBA)»

на те, що його споживання істотно зменшиться.

Повертаючись до прикладу Кола-локи, на її продаж впливає більше 2 десятків факторів, основними з яких є: ціна базова (впливає на престижність товару), ціна акційна, реклама зовнішня, реклама в магазинах, кількість і якість магазинів, де представлено наш товар, асортимент товару, ціни конкурентів, сезонність, нерегулярні події (наприклад, фестивалі), температура повітря, кількість людей в регіоні, для яких проводиться прогно-

зування, і відсоток людей, які можуть собі дозволити (з фінансової точки зору) купувати наш напій (оскільки він не є товаром першої необхідності), загальна економічна ситуація у країні (якщо вона погана, то навіть ті люди, які на даний момент мають гроші, можуть їх заощаджувати), відсоток людей, що обмежують себе в солодкому, якщо напій продається в маленьких пляшках, бажано знати відсоток людей, що полюбляють пити напої на ходу, якщо в великих пляшках, то відсоток людей, що віддають перевагу споживанню напоїв вдома. Цей перелік можна продовжувати, перераховуючи менш значні фактори, але всі вони, безумовно, впливають на продаж нашого товару, причому більшість із них нелінійно (рис. 2), тому використання стандартних математичних методів не дасть бажаних результатів.

## 2.2. Доступність даних

Другою суттєвою проблемою є те, що не всі необхідні дані можуть бути доступні. На відміну від точних наук, в економіці неможливо провести повторний експеримент і зафіксувати всі необхідні змінні. Ми можемо оперувати тільки тими трендами, які є доступними у даний час і можуть бути достатньо точно визначені в майбутньому (оскільки на їх основі ми повинні будувати прогноз). Тому ми вимушені в деяких випадках при створенні моделі, замість трендів, що безпосередньо впливають на ПТМС, використовувати тренди, що побічно відображають зміни необхідних трендів. Очевидно, це негативно відображується на якості моделі і може суттєво вплинути на результати прогнозу. Наприклад, вплив температури на продаж Кола-локи, безумовно, є, оскільки в жарку погоду її споживання значно більше, ніж в морозну. Однак ми не можемо використовувати даний тред при моделюванні, оскільки ми не маємо його прогнозу на майбутнє з достатньою точністю. Ми можемо не мати тренду відсотка людей, що обмежують себе в солодкому, але цей тред можна замінити відсотком людей з зайвою вагою та відсотком людей похилого віку, оскільки обидві ці категорії досить сильно корелюють з необхідним нам трендом.

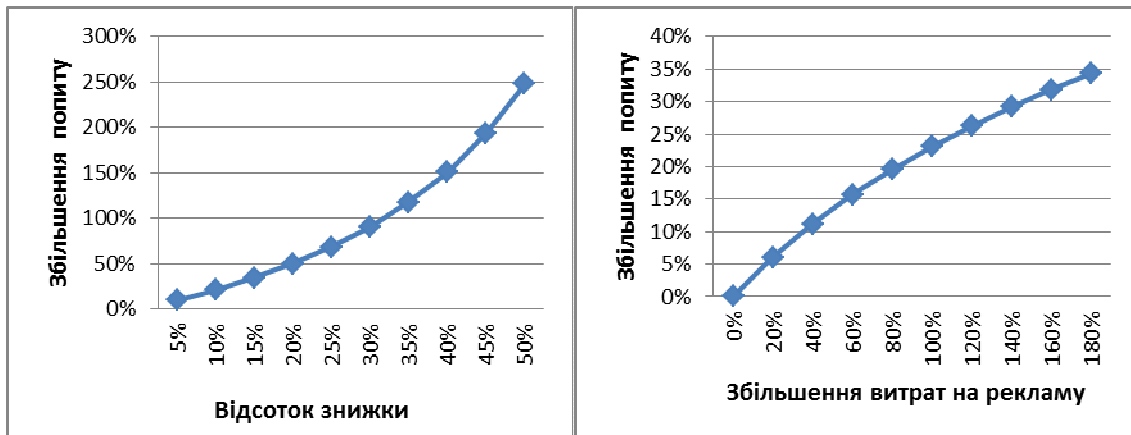


Рис. 2. Приклади нелінійного впливу факторів на попит

### 2.3. Взаємозалежність даних

Вхідні тренди не є незалежними часовими послідовностями, вони в тій чи іншій мірі пов'язані між собою, оскільки відображають різні сторони одного і того ж процесу, а саме – ринку. В деяких випадках, щоб позбутися цього недоліку, можна застосувати метод головних компонент (чи інші аналогічні методи), але це не завжди дає гарні результати, в основному, через брак статистичного матеріалу й нелінійності впливу трендів один на одного. Наприклад, відсоток людей з задовільною заробітною платою і загальна економічна ситуація у країні очевидно пов'язані між собою, але не лінійно, особливо для країн з нерозвиненою економікою (рис. 3).

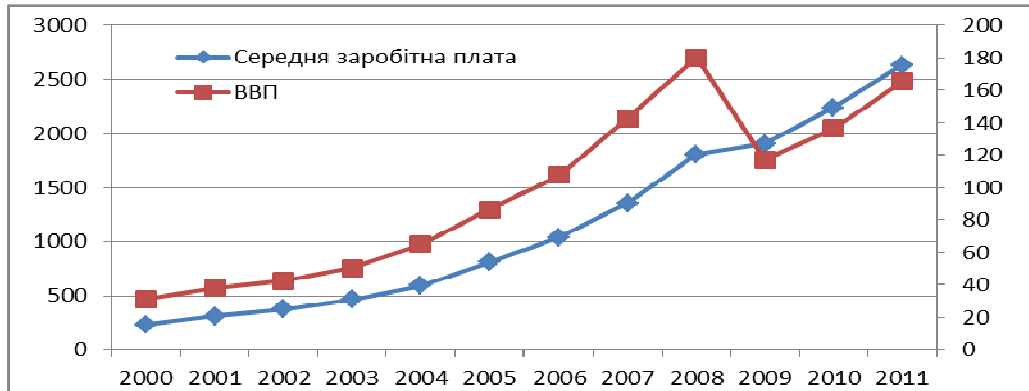


Рис. 3. Середня заробітна плата та ВВП України за даними «International Monetary Fund»

### 2.4. Зв'язок між трендами та ПТМС

Для більшості трендів заздалегідь невідомо, яким чином вони впливають на ПТМС. І навіть для тих трендів, функція впливу яких відома заздалегідь (наприклад, вплив ціни), визначення коефіцієнтів даної функції може бути ускладнено похибкою, яку вносить вплив невідомих факторів. Наприклад, в один із тижнів продаж набагато збільшився, але ми гарантовано не можемо сказати, що на це вплинуло: тільки гарна рекламна ціна чи перебої у постачанні товарів наших конкурентів, чи інша подія, яку ми не зафіксували.

## 2.5. Робастність моделі

Останньою проблемою при моделюванні є вихід значення трендів за діапазон, що був в історії. Враховуючи нелінійність моделі, дуже важко забезпечити її робастність за умов, коли вхідні тренди в майбутньому приймуть значення, які виходять за рамки тих, що були в історії. Це особливо часто відбувається під час криз, зміни законів або під час катаклізмів. Якщо вводити штучні обмеження, це може привести до негативного наслідку, оскільки сучасний ринок розвивається досить динамічно, але якщо не вводити такі обмеження, ми можемо отримати прогноз, що виходить за рамки здорового глузду. Наприклад, ми чудово навчилися визначати вплив базової ціни на продаж нашого товару, але введення додаткового податку привело до того, що базова ціна суттєво підвищилась (не тільки у нас, а й у конкурентів) і це привело до перерозподілу ринку в цілому (це, наприклад, було в Росії при введенні мінімальної ціни на горільчані вироби). Якщо застосувати розроблені в некризовий час закони до поточної ситуації, виходить, що наші продажі катастрофічно зменшаться, однак в реальному житті такої катастрофи може і не статися.

## 3. Експертна оцінка

Можна навести багато прикладів, коли прогноз ПТМС дають експерти. Порівняно з математичною моделлю, модель у голові експерта враховує набагато більше факторів. Експерт може проаналізувати ринок схожих товарів, знайти аналогії в історії, врахувати нормативні документи та результати аналітичних досліджень. У прогнозів ПТМС, отриманих шляхом експертної оцінки, є декілька недоліків. Перший недолік – це суб'єктивність, залежність прогнозу від того, який експерт його робив. Суб'єктивність може звести нанівець усі переваги. Подолати цей недолік можна, використовуючи групи експертів [4], але, поперше, це не завжди можливо, по-друге, це суттєво впливає на вартість отримання такого прогнозу. Другий недолік полягає в тому, що, як відомо, людині відносно легко дати якісну оцінку, але досить важко кількісно оцінити значення того чи іншого результату [5]. Експерту набагато легше оцінити, наскільки він вважає правильним показаний йому прогноз, ніж представити свій у чисельному вигляді. І останнє, далеко не всі гіпотези, що використовує експерт при створенні прогнозу, є вірними: чим більша кількість історичних точок, тим важче експерту перевіряти свої гіпотези, і як, наслідок цього – він частіше припускається помилок. Наприклад, якщо історичні дані представлені за кожен тиждень, то за 7 років виходить близько 365 точок. Аналізувати таку кількість точок експерту досить важко. Водночас така кількість історичних даних є достньою, щоб статистично перевірити гіпотези експерта.

## 4. Створення математичної моделі з урахуванням знань експерта

З вищевикладеного можемо зробити висновок, що ідеальним є рішення враховувати знання експерта як при створенні моделі, так і при оцінці результатів її роботи. Це дозволить вирішити більшість проблем, описаних нами у 2-му розділі. Ідея поєднання знань експерта та математичного апарата не нова. Навіть в економіці ми можемо знайти аналогічні підходи [4, 6]. Однак задача побудови прогнозу ПТМС має свою специфіку, описану нами раніше, тому в даній роботі ми хотіли б запропонувати технологію побудови прогнозу ПТМС, що враховує дану специфіку.

Одразу треба зазначити, що запропонована нами технологія має свої обмеження. Вона не може бути використана для товарів, що щойно вийшли на ринок, бо через брак даних результати будуть досить низькі. У цьому випадку треба використовувати інші підходи, визначати аналогії, враховувати життєвий цикл товару тощо. Також запропонована технологія буде давати сумнівні результати для товарів, що залишають ринок. Хоча для цього випадку, як правило, не має потреби в побудові якісного прогнозу.

## 5. Технологія створення моделі

Загальна блок-схема запропонованої технології представлена на рис. 4.

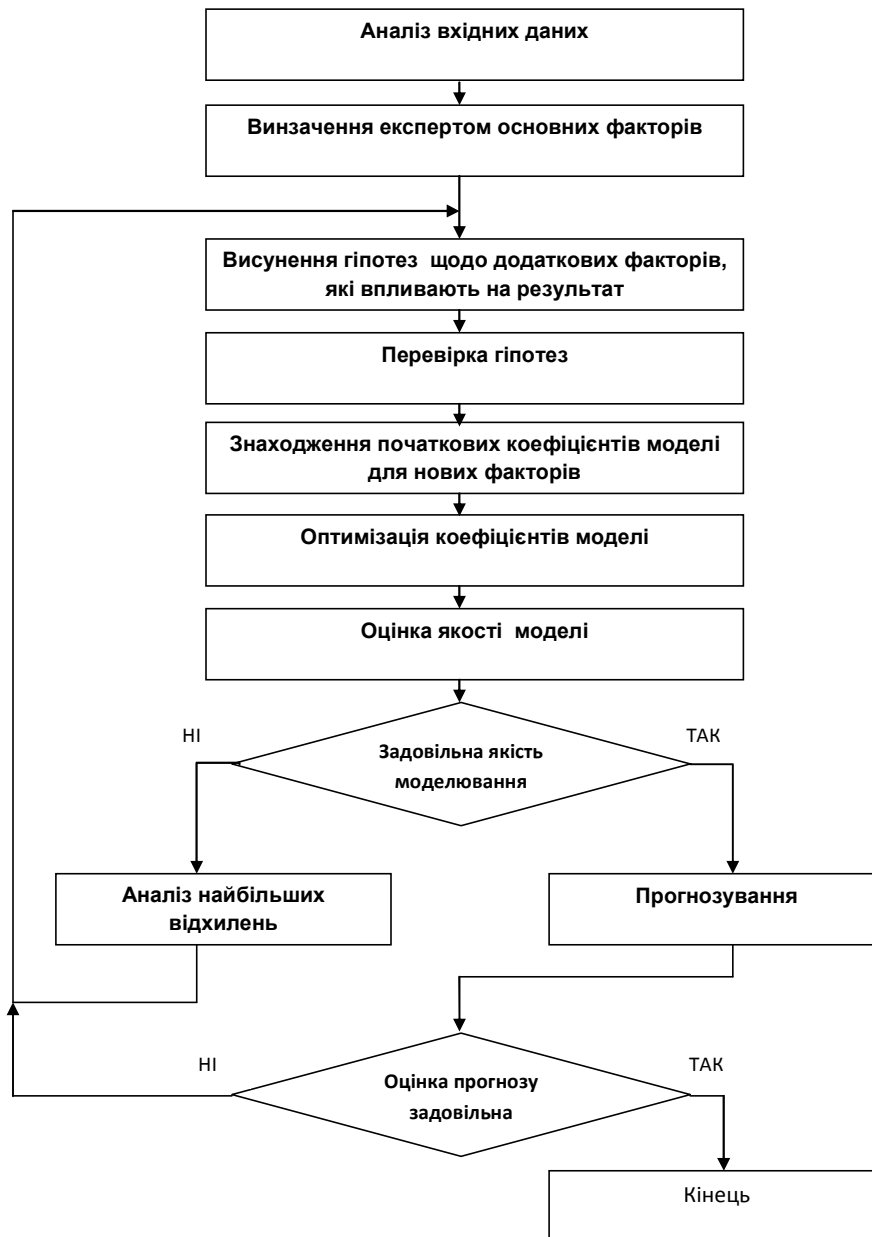


Рис. 4. Блок-схема технології створення моделі

### 5.1. Визначення експертом основних факторів, що впливають на попит заданого товару

На початковій стадії експерт, виходячи зі свого досвіду та специфіки товару, визначає основні фактори, які гарантовано впливають на попит, та для яких відомо, яким саме чином вони пов'язані з попитом. Тобто, відомі формули залежності і в майбутньому залишається тільки знайти коефіцієнти. Як правило, таких факторів небагато, усього 3–7 і для більшості типів товарів найчастіше вони однакові. Для Кола-локи такими факторами є базова ціна, акційна ціна, інфляція, реклама зовнішня, реклама в магазинах, кількість і якість магазинів, де представлено наш товар. Механізм впливу даних факторів досить детально вивчено, тому залишається тільки знайти відповідні коефіцієнти моделі.

## **5.2. Висунення гіпотез щодо додаткових факторів, які впливають на результат**

Аналізуючи представлені йому дані, експерт висуває гіпотези щодо додаткових факторів, які можуть впливати на попит. При цьому він повинен дати опис, яким чином ці фактори можуть впливати на попит, і задати межі їх впливу на попит. Звісно, в подальшому і опис, і граничні значення будуть уточнюватися, але наявність такої інформації на початку дослідження дуже суттєво впливає на подальшу роботу. Наприклад, на продаж напою Кола-локи впливає не тільки зміна її ціни, а й різниця між її ціною та ціною головних конкурентів Кока-коли й Пепсі-коли, причому ця залежність не є лінійною. Висуваючи таку гіпотезу, експерт може за аналогією з іншими товарами оцінити вплив конкурентів на наші продажі, наприклад, 10–20%. Отримавши таку інформацію, можна створити нові тренди, що відображають різницю цін нашого товару з головними конкурентами, а їх вплив (можна висунути припущення) буде визначатись законами, подібними до законів, що визначають вплив акційної ціни.

## **5.3. Перевірка гіпотез**

Основною проблемою при перевірці гіпотез є вплив одного із факторів, як правило, в декілька разів менший, ніж сукупний вплив інших невідомих факторів. Тому для перевірки гіпотези використовуються не всі доступні історичні точки, а тільки ті, в яких вплив даного фактора був достатньо суттєвим. На основі цих точок ми можемо перевірити гіпотезу експерта та формалізувати алгоритм впливу фактора на попит. Вертаючись до нашого прикладу з Кола-локи, ми повинні відібрати історичні точки з максимальним та мінімальним значенням різниці цін (її та конкурентів). Їх кількість від загальної кількості всіх історичних точок повинна бути близько 10–20%. Проаналізувавши продаж Кола-локи в цих точках, ми повинні виявити (чи не виявити) залежність, передбачену експертом.

## **5.4. Знаходження початкових коефіцієнтів моделі**

Якщо поверхово проаналізувати похибки побудованої моделі, можна помітити, що в більшості випадків вона не є монотонною. Значення оптимуму для одних коефіцієнтів залежить від значення інших коефіцієнтів. Тобто глобальний оптимум можна знайти тільки повним перебором, що за наявності в моделі 20–30 коефіцієнтів є досить важкою задачею. Але, не зважаючи на це, якщо встановити початкові значення коефіцієнтів, орієнтуючись на точки історії, де значення впливу обраного фактора було максимальним і вплив інших факторів найменший, можна потрапити в область біля глобального або одного з локальних мінімумів, де, застосувавши один із видів оптимізації, наприклад, градієнтний спуск, знайти достатньо задовільний варіант значень коефіцієнтів моделі. Для нашого прикладу ми обчислюємо значення коефіцієнтів впливу ціни конкурентів на продаж нашого товару на групі точок, що відібрали в попередньому пункті. При цьому значення даних коефіцієнтів є близьке до оптимума, але не є оптимальним, оскільки при його обчисленні не були враховані інші параметри моделі.

## **5.5. Оптимізація коефіцієнтів моделі**

Як вже було зазначено раніше, знаючи стартові коефіцієнти, ми можемо використовувати будь-який із методів оптимізації. Однак основною проблемою при оптимізації є те, що всі відхилення моделі від історичних даних пов'язані з тими факторами, які ще не враховано в моделі і будуть мінімізуватись за рахунок коефіцієнтів, що ми оптимізуємо. Тобто вплив невідомих факторів буде компенсуватись похибкою, яка буде відноситись до впливу відомих факторів. Тому при оптимізації коефіцієнтів їх треба перевіряти на допустимість, для чого використовується опис, отриманий в 5.2 від експерта. Якщо в результаті оптимізації

коефіцієнти або вплив фактора приймають нелогічні значення, в алгоритм оптимізації повинні бути внесені додаткові умови, після чого проведена повторна оптимізація. В нашому випадку, якщо вплив ціни конкурентів буде виходити за межі, вказані екпертом, то всі випадки такого виходу повинні бути проаналізовані екпертом або висунуті нові гіпотези, або змінені граничні значення.

### **5.6. Оцінка якості моделі**

Звісно, не можна мати надію на отримання результату з нульовою похибкою, тому замовником чи екпертом повинен бути встановлений рівень задовільного результату моделювання. Якщо результати моделювання задовільні, то ми переходимо до процесу створення прогнозу, який буде описаний у наступному розділі. Якщо результати незадовільні, то переходимо до наступного пункту.

### **5.7. Аналіз найбільших відхилень**

Звісно, що незадовільна похибка моделі пов'язана з тим, що не враховано всіх факторів впливу. Щоб їх ввести, необхідно звернутись до експерта. З отриманих результатів обирається 3–10 точок, де модель дає найбільшу похибку. Маючи інформацію, в яких точках і як саме помиляється модель, експерт може висунути гіпотези для введення в модель нових факторів, тому ми можемо перейти до п. 5.2.

## **6. Прогнозування**

Якщо розглянути життєвий цикл будь-якого товару та обчислити, який був би на нього попит без впливу зовнішніх факторів, що його стимулюють або пригнічують (будемо подалі називати такий попит нульовою лінією), то можна побачити, що різкі зміни нульової лінії відбуваються тільки у випадку, коли товар виходить на ринок або залишає його (як було зазначено раніше, в даних випадках технологія, що пропонується, не може бути застосована). У проміжку між цими подіями нульова лінія змінюється дуже повільно. Тому при створенні моделі ми можемо вважати, що всі зміни спричинені зовнішніми факторами.

Обчисливши вплив факторів на попит для кожної історичної точки і вилучивши цей вплив з історичних даних, ми отримуємо «нульову лінію» в історії. Чим якісніше буде обчислено вплив факторів, тим ближче буде графік нульової лінії до прямої. Отримавши прогноз нульової лінії на майбутнє будь-яким регресійним методом, ми повинні обчислити за допомогою моделі вплив зовнішніх факторів у майбутньому і додати його до нульової лінії. Отриманий таким чином прогноз ще раз перевіряється екпертом на допустимість. Якщо експерт вважає результати прогнозу нелогічними, необхідно проаналізувати причини, що привели до створення такої ситуації, ввести додаткові умови, після чого провести повторну оптимізацію коефіцієнтів моделі.

Наприклад, якщо ціни на Кола-локу різко зменшаться і в результаті нашого прогнозу вийде, що вона займе лівову частку ринку солодких напоїв, експерт цілком слушно може заперечити, що наші конкуренти не допустять суттєвого зменшення своєї частки ринку. Це означає, що, не зважаючи на перевірки результатів моделювання на історичних прикладах, наша модель не враховує, що конкуренти будуть змушені зменшити свої ціни також, щоб не втратити свої позиції. Тобто до моделі необхідно додати оцінку, наскільки конкуренти можуть зменшити свої ціни, переобчислити параметри моделі з урахуванням цих факторів і сгенерувати новий прогноз.

## 7. Експериментальні результати

Дана технологія пройшла багаторазову перевірку при створенні прогнозів ПТМС. На жаль, важко узагальнити отримані результати, оскільки кожний з побудованих прогнозів має свою специфіку. Як характерний приклад можемо навести створення прогнозів за даною технологією на замовлення компанії “Стан”. Нами було розроблено низку прогнозів для групи (декілька сотень найменувань) товарів. Виробник товарів, використовуючи групу експертів для створення прогнозів, мав похибку прогнозів на рівні 30–50% (за місяць). Застосувавши описану нами технологію і використовуючи як вхідні дані менше факторів (біля 20), ніж використовували експерти (оскільки не всі фактори можна формалізувати), нам вдалося знизити похибку прогнозування до 20–25%. Ця похибка була ще зменшена, коли отриманий за допомогою моделі прогноз був скоригований експертами з урахуванням неформалізованих факторів (таких, як креативність реклами, нестандартні події тощо).

## 8. Висновки

Основними відмінними рисами запропонованої технології є:

- врахування знань експерта при побудові моделі дає можливість більш правильно враховувати вплив зовнішніх факторів;
- аналіз результатів прогнозування експертів гарантує, що в моделі були враховані всі суттєві фактори впливу;
- багаторазова оптимізація з поступовим збільшенням факторів дає можливість вводити до моделі нові залежності з урахуванням їх важливості;
- вибір і аналіз найбільших відхилень дають змогу експерту генерувати гіпотези, завдяки яким у моделі можуть бути враховані додаткові фактори;
- статистична перевірка гіпотез забезпечує об’єктивність отриманих результатів.

Не зважаючи на те, що вищеописані риси зустрічаються і в інших технологіях отримання прогнозів, на нашу думку, саме їх поєднання дозволяє не тільки гармонійно враховувати досвід експерта при створенні прогнозу ПТМС, але й дозволяє виявити залежності, які не є очевидними експерту на початку моделювання. Все це дає змогу будувати більш якісні прогнози, що підтверджується неодноразовими експериментальними результатами, отриманими на реальних даних.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Хэндри Д. Эконометрика: алхимия или наука? / Д. Хэндри // Эковест. – 2003. – № 2. – С. 172 – 196.
2. Теслер Г.С. Новая кибернетика / Теслер Г.С. – Киев: Логос, 2004. – 401 с.
3. Антоненко А.О. Специализированные СППР для оценки динамики продаж в условиях кризиса / А.О. Антоненко, М.Э. Куссуль, А.С. Сычев // Сб. докладов научно-практ. конф. «Системы поддержки принятия решений. Теория и практика», (Киев, 8 июня 2009). – Киев, 2009. – С. 121 – 124.
4. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
5. Орлов А.И. Устойчивость в социально-экономических моделях / Орлов А.И. – М.: Наука, 1979. – 296 с.
6. Оптимальные методы в экономике и управлении: уч. пособ. по курсу «Организационно-экономическое моделирование». – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 44 с.

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2013*