

Wilamowski // Journal of Circuits, Systems and Computers. – 1996. – Vol.6, № 2. – P. 171-184.

4. Ota Y. Current-Mode CMOS Implementation of a Fuzzy Min-Max Network / Y. Ota, B. M. Wilamowski // World Congress of Neural Networks. – Washington DC (USA). – 1995. – Vol.2. – P. 480-483.

5. Reyneri L.M. Unification of neural and wavelet networks and fuzzy systems / L.M. Reyneri // IEEE Trans. on Neural Networks. – 1998.

6. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечёткими базами знаний: [мон....] / Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. – Винница: Універсум–Вінниця, 2002. – 145 с.

7. Robert Fullér. Fuzzy logic and neural nets in intelligent systems / Robert Fullér // Information Systems Day. – Turku Centre for Computer Science, Åbo, 1999. – Vol.17. – P. 74-94.

8. <http://www.gerhardmueller.de/docs/FuzzyLogic/node5.html>

9. <http://www.informit.com/content/imades/0135705991/samplechapter/0135705991.pdf>.

Надійшла 14.9.2009 р.

УДК 685.34

С.С. ГАРКАВЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайн

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСОРТИМЕНТУ ВИРОБІВ ЗІ ШКІРИ З ВИКОРИСТАННЯМ ФІКТИВНИХ ЗМІННИХ

*Робота присвячена вдосконаленню процесу формування асортименту виробів зі шкіри з урахуванням стохастичних чинників зовнішнього середовища з використанням фіктивних змінних.*

*The activity is dedicated to advancing of process of formation of assortments of articles from a skin with the registration stochastic of the factors of an environment with usage dummy changeable.*

Ключові слова: вироби зі шкіри, математичне моделювання асортименту.

### Постановка проблеми.

Техніко-технологічні та економічні складові процесу підготовки виробництва залежать від системи показників, частина з яких є квантифікованими, а частина – якісними. Враховуючи це, математична модель формування асортименту за видами взуття, як основа розробки виробничої програми, має враховувати стохастичні чинники.

Це необхідно також у зв'язку з тим, що планування сезонного асортименту здійснюється на незначний інтервал часу: зимовий сезон охоплює п'ять місяців: жовтень-лютий, а весняно-літній – березень-вересень місяці. Разом з тим, для отримання коректних прогнозних оцінок, період планування має перевищувати вхідні дані щодо зміни незалежної змінної в п'ять-шість разів, що не відповідає реальним умовам планування сезонного асортименту виробів зі шкіри та суттєво обмежує можливість використання класичних підходів до формалізації процедури планування асортименту.

Тому для кількісної оцінки зв'язку необхідно збільшити сукупність інформації за рахунок об'єднання груп просторової та часової інформації, оскільки масив може включати декілька різних груп даних. Така інформація, по суті, є лонгітудною. Математична модель зв'язку, отримана на основі лонгітудної інформації також передбачає використання фіктивних змінних.

Фіктивні змінні – це певним чином сконструйовані змінні, які описують якісні ознаки; відображають змінні в таких чинниках, як ефект зрушення в часі (сезонність) або змінюються в просторі; включаються як змінні, що замінюють інші пояснювальні змінні, які раніше в моделі не було включено [1, 2].

Виходячи із характеристики чинників зовнішнього середовища, більшість з яких є стохастичними, неконтрольованими підприємством, для вирішення завдань планування асортименту виробів зі шкіри доцільно використати математичні моделі з фіктивними змінними, що вимагає вдосконалення методології формування асортименту, викладеної у роботі [3].

На вирішення даної мети спрямовані дослідження, результати яких наведено в даній статті.

### Формулювання цілей:

Об'єктом проведених досліджень є процес формування асортименту виробів, предметом дослідження – вдосконалення методології формування асортименту з урахуванням чинників зовнішнього середовища.

В даній роботі поставлено та розв'язано наступні задачі дослідження:

- проаналізувати стохастичні чинники, що впливають на попит споживачів;
- визначити типи та напрями використання моделей з фіктивними змінними, що можуть бути використані в процесі формування асортименту виробів зі шкіри;
- визначити загальний вигляд ANOVA та ANCOVA– моделей з урахуванням фіктивних та квантифікативних змінних, що враховують стохастичні чинники зовнішнього середовища.

### Виклад основного матеріалу дослідження

До фіктивних змінних, що впливають на формування попиту на вироби зі шкіри можна віднести:

зміну уподобань споживачів під впливом нових трендів моди; міграцію населення з сільської місцевості; інфляційні очікування; наслідки економічної кризи; вплив різних складових соціуму, що суттєво впливають на поведінку споживачів різних категорій споживчих товарів, в тому числі, взуття та шкіргалантерейних виробів. Просторові зрушення можна спостерігати для різних регіонів вітчизняного та міжнародних ринків. В процесі оцінювання можуть також включатися такі соціально-демографічні характеристики, як стать, сімейний стан, приналежність до певних соціальних груп.

Залежно від переліку чинників, що впливають на попит, для формування асортименту на основі прогнозних оцінок попиту можуть бути використані три типи моделей з фіктивними змінними – ANOVA, ANCOVA, LPM– моделі (рис. 1).

ANOVA– моделі – це моделі дисперсійного аналізу, які містять у правій частині лише фіктивні змінні. При цьому, якщо між різними якісними ознаками існує зв'язок, фіктивні змінні, що їх представляють, в моделі також будуть мати взаємозв'язок.

ANCOVA– моделі – це моделі коваріаційного аналізу, в яких можуть бути застосовані як фіктивні, так і кількісні пояснювальні змінні.

LPM– модель – лінійна імовірнісна модель, в якій залежна змінна є фіктивною, а пояснювальні змінні можуть бути кількісними або якісними.



Рис. 1. Напрями використання ANCOVA та ANOVA– моделей в процесі формування структури асортименту взуття

Слід зазначити, що коли залежна змінна не вимірюється кількісно, а є якісним показником, що характеризує соціально-демографічні, психографічні, поведінкові ознаки або інші зовнішні стохастичні чинники, залежна змінна є фіктивною і може набувати лише двох значень 0 або 1.

Аналіз сутності ANOVA та ANCOVA– моделей дозволяє зробити висновок про доцільність використання цих математичних моделей з фіктивними змінними для вирішення завдань формування структури асортименту в умовах невизначеності зовнішніх чинників.

При цьому, ANCOVA– моделі можуть бути використані для формування асортименту на основі дослідження попиту з урахуванням сезонних коливань залежно від кількісних ознак – ціни, доходу тощо.

Використання ANOVA– моделі представляє особливий інтерес на ринку виробів зі шкіри, попит на які знаходиться під впливом стохастичних чинників, що за певних умов можуть бути представлені тільки як фіктивні змінні. ANOVA– моделі дозволяють сформуванню асортименту на основі аналізу попиту з урахуванням психографічних ознак – ставлення до моди, що передбачає виокремлення трьох сегментів споживачів – новаторів, помірних, консерваторів або більш глибоке сегментування за цією ознакою з виокремленням п'яти сегментів; соціально-демографічних – стать, соціальний статус.

Для побудови математичних моделей з фіктивними змінними в процесі передпроектних досліджень,

має бути визначено характеристики кожного сегмента споживачів, які розглядаються як цільовий ринок підприємства, та ідентифіковано змінні, що впливають на попит.

Якщо всі залежні змінні є фіктивними, має бути побудована ANOVA- моделі, загальний вигляд якої можна представити так:

$$Y = \sum_{\gamma}^h \beta_{\gamma} X_{\gamma} + u, \quad (1)$$

де  $Y$  – вектор попиту на взуття, пар;  $\gamma$  – індекс, що характеризує сегмент споживачів,  $\gamma = (\overline{1, h})$ ;  $\beta_{\gamma}$  – параметри моделі при фіктивних змінних, що характеризують типологію споживачів;  $X_{\gamma}$  – фіктивні змінні, що враховують типологію споживачів в ANOVA- моделі;  $u$  – вектор стохастичної складової, що акумулює вплив випадкових чинників.

Якщо сегментування ринку за групами споживачів здійснено з використанням двох ознак – ставлення до моди та соціальний статус, при цьому за першою ознакою виокремлено три групи споживачів (новатори, помірні, консерватори), а за другою – дві групи, в результаті сегментування ринку має бути ідентифіковано шість сегментів, що визначають поведінку споживачів на ринку.

При цьому математична модель формування асортименту матиме такий вигляд:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_6 X_6 + u, \quad (2)$$

де  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_6$  – коефіцієнти, що коригують вільний член рівняння та враховують ефекти, зумовлені ставленням споживачів до моди та їх соціальним статусом;  $X_1, X_2, \dots, X_6$  – фіктивні змінні, що враховують відмінність попиту різних сегментів споживачів.

Математичні сподівання попиту набиратимуть певного вигляду, залежно від різних співвідношень ознак, що стосуються ставлення до моди та соціального статусу:

$$M(Y/I, I) = \beta_1; \quad (3)$$

$$M(Y/I, II) = \beta_1 + \beta_4; \quad (4)$$

$$M(Y/II, I) = \beta_1 + \beta_2; \quad (5)$$

$$M(Y/II, II) = \beta_1 + \beta_2 + \beta_4 + \beta_5; \quad (6)$$

$$M(Y/III, I) = \beta_1 + \beta_3; \quad (7)$$

$$M(Y/III, II) = \beta_1 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_6, \quad (8)$$

де  $M(Y/I, I)$ ,  $M(Y/I, II)$  – математичне сподівання попиту в сегменті новаторів, відповідно, першої та другої соціальної групи;  $M(Y/II, I)$ ,  $M(Y/II, II)$  – математичне сподівання попиту в сегменті споживачів, що мають помірне ставлення до моди;  $M(Y/III, I)$ ,  $M(Y/III, II)$  – математичне сподівання попиту консерваторів, відповідно, першої та другої соціальної групи.

Наведена модель дає змогу врахувати взаємний вплив фіктивних змінних – різний ефект, зумовлений соціальним статусом. Для першого типу споживачів (новаторів), різний ефект вимірюється величиною  $\beta_4$ , для другого типу (помірних) –  $(\beta_4 + \beta_5)$ , для третього (консерваторів) –  $(\beta_4 + \beta_6)$ . Відмінності між другим та третім типом вимірюється величиною  $\beta_2$ , третім та першим –  $\beta_3$ , а між третім та другим – величиною  $(\beta_3 - \beta_2)$ . Для представників іншої соціальної групи, ці відмінності можуть бути визначені так:  $\beta_2 + \beta_5$ ,  $\beta_3 + \beta_6$ ,  $\beta_3 + \beta_6 - \beta_2 - \beta_5$ .

ANCOVA- моделі, як зазначалося вище, дозволяють визначити попит на взуття з урахуванням не тільки фіктивних, але і квантифікативних змінних. При цьому можуть бути використані одна або декілька як фіктивних, так і пояснювальних змінних:

Математична модель прогнозування попиту на основі ANCOVA-моделі за умови використання декількох фіктивних та однієї пояснювальної змінної матиме загальний вигляд:

$$Y = a_0 + \sum_j^s b_j D_j + a_1 X + u, \quad (9)$$

де  $a_0$  – вільний член рівняння;  $j$  – номер асортиментної групи,  $j = (\overline{1, s})$ ;  $b_j$  – параметри моделі при фіктивній змінній;  $D_j$  – фіктивні змінні, що враховують структуру асортименту взуття;  $a_1$  – коефіцієнт при пояснювальній змінній;  $X$  – вектор пояснювальної змінної.

Наведена модель може бути застосована для прогнозування попиту на різні асортиментні групи

взуття, залежно від ціни з урахуванням стохастичних чинників, що впливають на попит.

Структура асортименту може враховувати кількість видів взуття, на виробництві якого спеціалізується підприємство, а також стильові рішення по кожному з цих видів, з огляду на споживчі переваги цільового ринку. Ідентифікація асортиментних груп при цьому має бути здійснена виключно з урахуванням принципової для конструкторської та технологічної підготовки ознаки – фасону колодки, вибір якої безпосередньо залежить від попиту на взуття певного стилю і є найбільш витратною складовою конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Стильові рішення щодо дизайну, які визначаються конструкцією верху взуття під час формування структури асортименту на даному етапі не деталізуються, оскільки коригування асортименту на рівні базової моделі, з точки зору економічної складової, має менший ризик, ніж заміна колодки певного фасону.

Цей тип математичних моделей, на нашу думку, доцільно застосувати окремо для кожного сезону. Кількість періодів, за якими аналізується попит, дорівнює тривалості осінньо-зимового сезону. При цьому, доцільно отримати моделі для прогнозування попиту на взуття осінньо-зимового асортименту окремо за умови теплої та холодної зими.

Доцільність такого підходу визначається тим, що, з одного боку, обігові кошти підприємства формуються, переважно, в процесі реалізації взуття осінньо-зимового асортименту, а з іншого, попит на взуття сезонного асортименту значною мірою залежить від зовнішньої температури, визначаючи його коливання в напрямі збільшення продажу чобіт з утепленою підкладкою протягом холодного сезону, а черевиків – за умови вищих температур взимку.

Таким чином, виробнича програма підприємства має бути сформована на основі ANCOVA– моделі з урахуванням загального попиту на взуття певного виду з виокремленням вхідних даних за видом та стилем взуття. Математична модель, за умови, якщо пояснювальна змінна – одна (найчастіше – це ціна), а кількість асортиментних груп дорівнює шести, математична модель може бути представлена наступним чином:

$$Y = a_0 + b_1 D_1 + b_2 D_2 + b_3 D_3 + b_4 D_4 + b_5 D_5 + a_1 X + u \quad (10)$$

В наведеній моделі пояснювальна змінна  $X$  – вектор ціни на взуття. В разі, якщо за результатами дослідження визначено, що на попит впливає декілька пояснювальних змінних ANCOVA– моделі матиме вигляд:

$$Y = a_0 + \sum_j^s b_j D_j + \sum_k^n a_k X_k + u, \quad (11)$$

де  $k$  – номер пояснювальної змінної,  $k = (\overline{1, n})$ ;  $a_k$  – параметри моделі при пояснювальній змінній;  $X_k$  – вектори кількісних показників, що застосовуються як пояснювальні змінні моделі.

Якщо на коливання попиту впливає декілька фіктивних та пояснювальних ознак, в ANCOVA– модель вводяться фіктивні змінні щодо кожної ознаки. При цьому, попит може бути спрогнозований окремо по кожному періоду (сезону, місяцю тощо) з урахуванням особливостей різних сегментів споживачів. У загальному вигляді математична модель може бути представлена так:

$$Y = a_0 + \sum_i^n \alpha_i Q_i + \sum_\gamma^h \beta_\gamma S_\gamma + \sum_k^n a_k X_k + u, \quad (12)$$

де  $\alpha_i$  – параметри моделі при фіктивних змінних, що характеризують коливання попиту залежно від сезону;  $Q_i$  – фіктивні змінні, що відображають сезонні коливання;  $S_\gamma$  – фіктивні змінні в ANCOVA– моделі, що характеризують коливання попиту для різних типів споживачів.

ANCOVA– модель прогнозування попиту з  $n$  пояснювальними змінними, окремо по кожному з чотирьох кварталів, з урахуванням особливостей трьох сегментів, визначених на основі типології споживачів, у загальному вигляді може бути подана так:

$$Y = a_0 + \alpha_2 Q_2 + \alpha_3 Q_3 + \alpha_4 Q_4 + \beta_2 S_2 + \beta_3 S_3 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n + u, \quad (13)$$

де  $\beta_2, \beta_3$  – коефіцієнти, що відображають різницю в моделюванні споживання для кожного з двох сегментів споживачів порівняно з першим сегментом;  $Q_2, Q_3, Q_4$  – коефіцієнти, що визначають різницю у попиті у кожному наступному кварталі, порівняно з першим кварталом.

Якщо спостереження стосується місяця сезону  $i, i = 2, 3, 4$ ,  $Q_i = 1$ ; в інших випадках  $Q_i = 0$ . Якщо спостереження стосується сегмента споживачів  $\gamma, \gamma = 2, 3$ ;  $S_\gamma = 1$ ; в інших випадках  $S_\gamma = 0$ .

Для оцінювання вільного члена моделі необхідно включити по одній фіктивній змінній з кожної групи. Цього можна досягти за рахунок іншої інтерпретації коефіцієнтів  $\alpha$  та  $\beta$ . Якщо спостереження стосуються попиту представників першого сегмента у першому місяці сезону, то всі фіктивні змінні дорівнюють нулю і вільний член дорівнює  $\alpha_1$ . Для того ж сегмента споживачів, але для другого місяця

сезону вільний член дорівнює  $(\alpha_1 + \alpha_2)$ , а для третього сегмента і третього кварталу він складає  $(\alpha_1 + \alpha_2 + \beta_3)$  і т.д.

Відмінності для другого і четвертого місяцю сезону характеризує різниця  $(\alpha_4 - \alpha_2)$ , а відмінності для різних сегментів споживачів, наприклад третього та другого – різниця  $(\beta_3 - \beta_2)$ .

Використання зазначених моделей дозволяє, на основі відповідних фактичних даних спрогнозувати попит на різні асортиментні групи з врахуванням чинників зовнішнього середовища.

*Висновки:*

В результаті проведених досліджень проаналізовано стохастичні чинники, що впливають на попит споживачів; визначено типи та напрями застосування моделей з фіктивними змінними, що можуть бути використані в процесі формування асортименту виробів зі шкіри; визначено загальний вигляд ANOVA та ANCOVA– моделей з урахуванням фіктивних та квантифікативних змінних, що враховують стохастичні чинники зовнішнього середовища.

Подальші дослідження в формуванні асортименту виробів зі шкіри вимагають досягнення наступних цілей:

- перевірити гіпотезу щодо того, що побудована без урахування структури попиту між асортиментними групами взуття математична модель, не дає змогу достовірно виміряти зв'язок між цими показниками;
- перевірити на основі F-критеріїв можливість використання моделей, розрахованих на основі окремих асортиментних груп з фіктивними змінними, адекватно представляти структуру попиту;
- побудувати, на основі інформації, що містить лонгітюдні дані, сформовані на основі структурного чинника – часового періоду, математичні моделі прогнозування попиту за умови холодної та теплої зими, що враховують перерозподіл попиту в межах окремих асортиментних груп, спричинений погодними умовами.

### Література

1. Малхотра. Маркетинговые исследования. Практическое руководство / Малхотра, К. Нэреш, – [3-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 960 с.
2. Наконечний С.І. Економетрія / Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. – [вид. 3-тє, доп. та перероб.] – К.: КНЕУ, 2004. – 520 с.
3. Гаркавенко С.С. Розвиток наукових основ проектно-технологічних робіт на стадії створення конкурентоспроможної продукції взуттєвої та шкіргалантерейної галузі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.18.18 «Технологія взуття, виробів зі шкіри та хутра» / С.С. Гаркавенко. – К., 2009. – 37 с.

Надійшла 20.9.2009 р.

УДК 519.832.3

В.В. РОМАНЮК

Хмельницький національний університет

## АДАПТАЦІЯ МЕТОДУ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИМАЛЬНИХ ЗМІШАНИХ СТРАТЕГІЙ У МАТРИЧНІЙ ГРІ З ПОРОЖНЬОЮ МНОЖИНОЮ СИТУАЦІЙ РІВНОВАГИ З ВІДОМОЮ НАПЕРЕД КІЛЬКІСТЮ РАУНДІВ ГРИ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

*Представлено сконструйовану у MATLAB програмну функцію, яка дозволяє практично реалізовувати оптимальні змішані стратегії у матричній грі з відомою наперед кількістю раундів гри. Маніпуляції з шістьма аргументами цієї функції дозволяють контролювати інформацію про поточний номер ігрового раунду та номери обраних чистих стратегій, що виводиться у командне вікно MATLAB.*

*There has been represented the constructed program function within MATLAB, which allows to practically realize the optimal mixed strategies in the matrix game with the beforehand known quantity of the game rounds. Manipulations with the six arguments of this function allow to control the information about the current game round number and the pure strategies numbers, that is displayed in the MATLAB command window.*

Ключові слова: програмне середовище MATLAB, матрична гра.

### Актуальність проблеми дослідження та його мета

Сучасна прикладна математика все більше використовує програмне забезпечення відомих корпорацій, які пропонують пакети алгоритмів розв'язування математичних задач, для моделювання і прогнозування довготривалих соціально-економічних та екологічних процесів. Найбільш відомим брендом