

множина другого роду з неперервною областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з комплексною нечітко-числовою областю значення, квантова нечітка множина другого роду з дійсною нечіткою двійково-числовою областю значення.

Введені поняття формують основу математичного забезпечення, яка дає можливість замінити функціонування f -систем, що використовують у своїй роботі нечіткі множини другого роду, функціонуванням q -систем.

Література

1. Пастух О.А. Квантові нечіткі множини з комплексно значною характеристичною функцією і їх використання для квантового комп'ютера / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2006. – Т.1. – № 2. – С. 158-161.
2. Пастух О.А. Квантова нечітка випадкова подія та її маргінальна амплітуда ймовірності / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2006. – № 5. – С. 58-60.
3. Пастух О.А. Повний біунарний уноїд квантових нечітких булевих підмножин на просторі $[0; \infty)$ / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2007. – № 1. – С. 196-198.
4. Пастух О.А. Основи зв'язку між математичними формалізмами інформаційних систем, нечітких інформаційних систем та квантових інформаційних систем / О.А. Пастух // Вісник Хмельницького національного у-ту. – 2008. – № 3. – С. 87-98.
5. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений / Рыжов А.П. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 81 с.
6. Мацневский С.В. Нечеткие множества: Учебное пособие / Мацневский С.В. – Калининград: Изд-во КГУ, 2004. – 176 с.
7. Ожигов Ю.И. Квантовые вычисления / Ожигов Ю.И.: Учебно-методическое пособие. – М.: МГУ, 2003. – 104 с.
8. Китаев А. Классические и квантовые вычисления / Китаев А., Шень А., Вялый М. – М.: МПНМО, ЧеРо, 1999. – 192 с.
9. Нейман И. Математические основы квантовой механики / И.Нейман // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. – 2001. – Т.2. – № 1. – С. 38-42.

Надійшла 20.9.2009 р.

УДК 621.3

О.О. СЕМЕНОВА, А.О. СЕМЕНОВ, О.О. ВОЙЦЕХОВСЬКА
Вінницький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФАЗИ-ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

У статті розроблені математичні моделі частотно-імпульсних, широтно-імпульсних і фазо-імпульсних елементів, які реалізують фазі-логічні операції доповнення, мінімуму, максимуму. Описано функціонування елементів фазі-логіки. Наведено часові діаграми роботи широтно-імпульсних елементів фазі-логіки.

In the article mathematical models of pulse-frequency, pulse-width, and pulse-phase elements, which implement fuzzy-logical operations of complement, minimum, and maximum. Operating of the fuzzy-logic elements is described. Time diagrams of pulse-width elements operation are illustrated.

Ключові слова: фазі-логічні елементи, математичні моделі.

Вступ

Застосування у системах автоматичного керування спеціалізованих пристроїв на основі фазі-логіки – фазі-контролерів – дозволяє підвищити точність, гнучкість та надійність керування. Складовою частиною таких пристроїв є елементи, які реалізують функції фазі-логіки. Важливим етапом синтезу елементів фазі-логіки є розроблення їх математичних моделей. Тому, для ефективного синтезу високоточних елементів фазі-логіки необхідно розробити математичні моделі елементів, які реалізують основні операції фазі-логіки.

Синтезу елементів фазі-логіки присвячені праці [1-4]. Математичні моделі елементів фазі-логіки розроблено у [3-5], але тут не враховується вид інформаційного сигналу.

У зв'язку з цим, метою даної роботи є підвищення ефективності проектування елементів фазі-логіки. Для досягнення мети необхідно розв'язати таку задачу – розробити математичні моделі елементів фазі-логіки з частотно-імпульсними, широтно-імпульсними та фазі-імпульсними інформаційними сигналами.

Імпульсне кодування фазі-величин

На попередньому етапі розробки елементів, які функціонують за правилами фазі-логіки, необхідно

спочатку визначити спосіб представлення фазі-величин за допомогою параметрів сигналів таких пристроїв. Оскільки надалі будуть розроблятися елементи, сигнали у яких є імпульсними, потрібно визначити спосіб кодування фазі-величин параметрами імпульсно-модульованих сигналів. У даному випадку імпульсними називаються частотно-, широтно- і фазо-імпульсні сигнали. Авторами розроблено методи імпульсного кодування фазі-величин μ . Їх наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Імпульсне кодування фазі-величин

Тип кодування	фазі-логічний нуль	фазі-логічна одиниці	допоміжна величина	додаткові умови	кодування фазі-величини
Частотно-імпульсне	f_α	f_β	f_γ	$f_\beta > f_\alpha$, $f_\gamma = f_\beta - f_\alpha$	$f_\mu = f_\alpha + \mu \cdot f_\gamma$
Широтно-імпульсне	t_α	t_β	t_β^n , t_α^n	$t_\beta > t_\alpha$, $t_\beta^n < t_\alpha^n$	$t_\mu = \mu \cdot t_\beta + (1 - \mu) \cdot t_\alpha$
Фазо-імпульсне	φ_α	φ_β	2π	$\varphi_\alpha = 0$, $\varphi_\beta = 2\pi$	$\varphi_\mu = \mu \cdot 2\pi$

При частотно-імпульсному кодуванні вхідні і вихідні сигнали пристроїв представляють собою імпульси, частота заповнення яких f_μ пропорційна значенню фазі-величини μ . У даному методі кодування нульовому значенню фазі-величини відповідає частота заповнення імпульсів f_α , а одиничному – f_β ; частотний діапазон, у якому знаходяться значення фазі-величини від 0 до 1, визначається за допомогою частоти заповнення імпульсів f_γ .

При широтно-імпульсному кодуванні значенню фазі-величини μ відповідає тривалість імпульсу t_μ . Тривалість імпульсу t_α відповідає нульовому значенню фазі-величини, а t_β – одиничному.

При фазо-імпульсному кодуванні значенню фазі-величини μ відповідає різниця фаз вхідного і опорного імпульсів φ_μ . Різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\alpha = 0$ відповідає нульовому значенню функції належності, а різниця фаз вхідного і опорного сигналів $\varphi_\beta = 2\pi$ – одиничному.

Базові елементи

Згідно з теорією нечітких множин і фазі-логіки [6-9], базові операції визначаються наступним чином.

1. Доповненням фазі-величини μ^x є фазі величина μ_{com}^y , значення якої визначається як різниця між фазі-логічною одиницею і значенням μ^x :

$$\mu_{com}^y = 1 - \mu^x. \quad (1)$$

2. Мінімумом називається фазі-величина μ_{min}^y , значення якої є мінімальним зі значень фазі-величин μ_i^x , $i = \overline{1, n}$:

$$\mu_{min}^y = \min[\mu_1^x, \mu_2^x, \dots, \mu_n^x]. \quad (2)$$

3. Максимумом називається фазі-величина μ_{max}^y , значення якої є максимальним зі значень фазі-величин μ_i^x , $i = \overline{1, n}$:

$$\mu_{max}^y = \max[\mu_1^x, \mu_2^x, \dots, \mu_n^x]. \quad (3)$$

На основі формул (1-3) та методів імпульсного кодування фазі-величин авторами були розроблені математичні моделі базових частотно-імпульсних, широтно-імпульсних і фазо-імпульсних елементів, які реалізують операції доповнення, мінімуму, максимуму. Розроблені формули наведені у табл. 2.

При реалізації операції доповнення (1) на вхід елемента поступає імпульсний сигнал x , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{com} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнал x має частоту заповнення імпульсів f^x , а сигнал $y_{com} = f_{com}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнал x має тривалість імпульсу t^x , а сигнал $y_{com} = t_{com}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнал x має різницю фаз опорного і інформаційного імпульсів φ^x , а сигнал $y_{com} = \varphi_{com}^y$.

Математичні моделі базових елементів фазі-логіки

Логічний елемент	Частотно-імпульсні сигнали	Широтно-імпульсні сигнали	Фазо-імпульсні сигнали
доповнення	$f^x = f_\alpha + \mu^x \cdot f_\gamma,$ $f_{com}^y = f_\alpha + \mu_{com}^y \cdot f_\gamma =$ $= (f_\alpha + f_\beta) - f^x$	$t^x = \mu^x \cdot t_\beta + (1 - \mu^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{com}^y) \cdot t_\alpha =$ $= (t_\beta + t_\alpha) - t^x$	$\varphi^x = \mu^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot 2\pi =$ $= 2\pi - \varphi^x$
мінімум	$f_i^x = f_\alpha + \mu_i^x \cdot f_\gamma,$ $f_{min}^y = f_\alpha + \mu_{min}^y \cdot f_\gamma =$ $= \min[f_1^x, f_2^x, \dots, f_n^x]$	$t_i^x = \mu_i^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_i^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{min}^y) \cdot t_\alpha =$ $= \min[t_1^x, t_2^x, \dots, t_n^x]$	$\varphi_i^x = \mu_i^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot 2\pi =$ $= \min[\varphi_1^x, \varphi_2^x, \dots, \varphi_n^x]$
максимум	$f_i^x = f_\alpha + \mu_i^x \cdot f_\gamma,$ $f_{max}^y = f_\alpha + \mu_{max}^y \cdot f_\gamma =$ $= \max[f_1^x, f_2^x, \dots, f_n^x]$	$t_i^x = \mu_i^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_i^x) \cdot t_\alpha,$ $t_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{max}^y) \cdot t_\alpha =$ $= \max[t_1^x, t_2^x, \dots, t_n^x]$	$\varphi_i^x = \mu_i^x \cdot 2\pi,$ $\varphi_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot 2\pi =$ $= \max[\varphi_1^x, \varphi_2^x, \dots, \varphi_n^x]$

При реалізації операції мінімум (2) на вхід елемента поступають n імпульсних сигналів x_i , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{min} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнали x_i мають частоти заповнення імпульсів f_i^x , а сигнал $y_{min} = f_{min}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнали x_i мають тривалості імпульсів t_i^x , а сигнал $y_{min} = t_{min}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнали x_i мають різниці фаз опорного і інформаційних імпульсів φ_i^x , а сигнал $y_{min} = \varphi_{min}^y$.

При реалізації операції максимум (3) на вхід елемента поступають n імпульсних сигналів x_i , на виході з'являється імпульсний сигнал y_{max} . У випадку частотно-імпульсного кодування сигнали x_i мають частоти заповнення імпульсів f_i^x , а сигнал $y_{max} = f_{max}^y$. У випадку широтно-імпульсного кодування сигнали x_i мають тривалості імпульсів t_i^x , а сигнал $y_{max} = t_{max}^y$. У випадку фазо-імпульсного кодування сигнали x_i мають різниці фаз опорного і інформаційних імпульсів φ_i^x , а сигнал $y_{max} = \varphi_{max}^y$.

Часові діаграми

У якості прикладу покажемо часові діаграми для базових широтно-імпульсних фазі-логічних елементів (рис. 1). У даному випадку $t_\alpha = 0,1 \text{ мкс}$ (рис. 1,а), $t_\beta = 1,1 \text{ мкс}$ (рис. 1,б), тоді

$$t_\alpha + t_\beta = 0,1 + 1,1 = 1,2 \text{ (мкс)}, \text{ (рис. 1,в)}.$$

Нехай $\mu^x = 0,47$, тоді

$$t^x = \mu^x \cdot t_\beta + (1 - \mu^x) \cdot t_\alpha = 0,47 \cdot 1,1 + 0,53 \cdot 0,1 = 0,57 \text{ (мкс)}, \text{ (рис. 1,г)}.$$

Згідно розробленої математичної моделі широтно-імпульсного фазі-логічного елемента доповнення:

$$t_{com}^y = (t_\beta + t_\alpha) - t^x = 1,1 + 0,1 - 0,57 = 0,63 \text{ (мкс)}, \text{ (рис. 1,д)}.$$

Так як $t_{com}^y = \mu_{com}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{com}^y) \cdot t_\alpha$, то $\mu_{com}^y = 0,53$, тобто $\mu_{com}^y = 1 - \mu^x$.

Нехай $\mu_1^x = 0,33$ і $\mu_2^x = 0,62$. Тоді

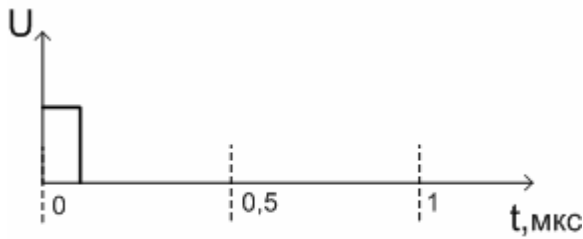
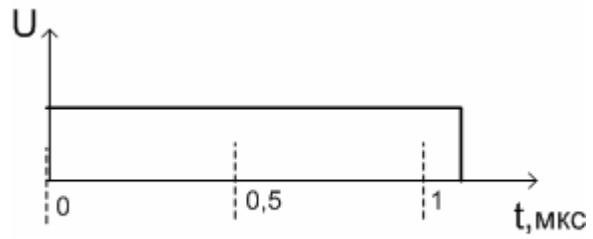
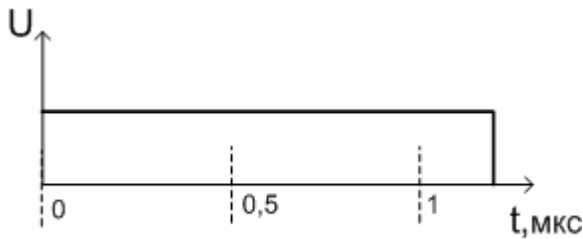
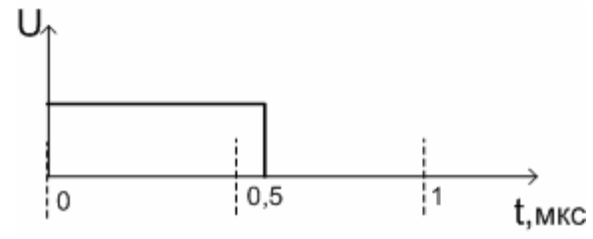
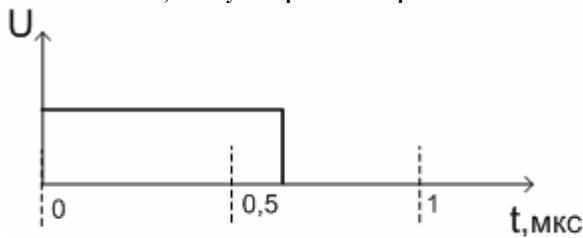
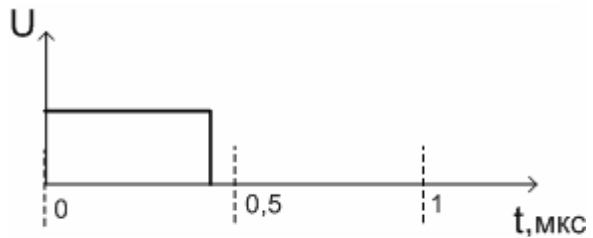
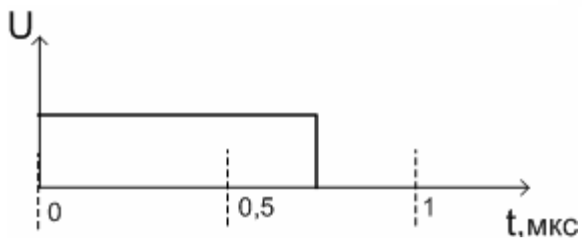
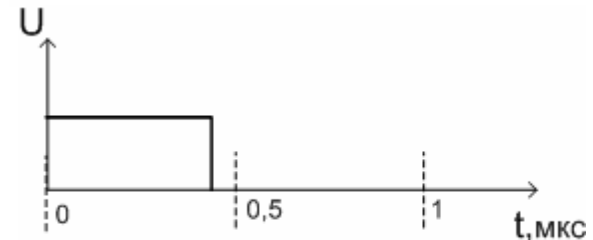
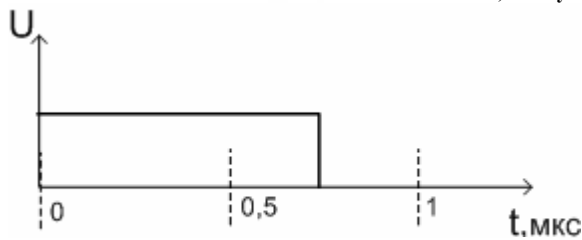
$$t_1^x = \mu_1^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_1^x) \cdot t_\alpha = 0,33 \cdot 1,1 + 0,67 \cdot 0,1 = 0,43 \text{ (мкс)} \text{ (рис. 1,е)},$$

$$t_2^x = \mu_2^x \cdot t_\beta + (1 - \mu_2^x) \cdot t_\alpha = 0,62 \cdot 1,1 + 0,38 \cdot 0,1 = 0,72 \text{ (мкс)} \text{ (рис. 1,ж)}.$$

Згідно з розробленою математичною моделлю широтно-імпульсного фазі-логічного елемента мінімуму $t_{min}^y = \min[t_1^x, t_2^x] = 0,43 \text{ (мкс)}$ (рис. 1,з.). Так як $t_{min}^y = \mu_{min}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{min}^y) \cdot t_\alpha$, то $\mu_{min}^y = 0,33$, тобто $\mu_{min}^y = \min[\mu_1^x, \mu_2^x]$.

Згідно з розробленою математичною моделлю широтно-імпульсного фазі-логічного елемента максимуму $t_{max}^y = \max[t_1^x, t_2^x] = 0,72 \text{ (мкс)}$ (рис. 1,и). Так як $t_{max}^y = \mu_{max}^y \cdot t_\beta + (1 - \mu_{max}^y) \cdot t_\alpha$, то

$$\mu_{\max}^y = 0,62, \text{ тобто } \mu_{\max}^y = \max[\mu_1^x, \mu_2^x].$$

Рис. 1.а. Імпульс тривалістю t_a Рис. 1.б. Імпульс тривалістю t_b Рис. 1.в. Імпульс тривалістю t_b+t_a Рис. 1.г. Імпульс тривалістю t^c Рис. 1.д. Імпульс тривалістю t^c_{com} Рис. 1.е. Імпульс тривалістю t^c_1 Рис. 1.ж. Імпульс тривалістю t^c_2 Рис. 1.з. Імпульс тривалістю t^c_{\min} Рис. 1.і. Імпульс тривалістю t^c_{\max}

Висновки

У роботі наведені методи імпульсного кодування фази-величин. Запропоновані математичні моделі елементів фази-логіки з частотно-імпульсними, широтно-імпульсними і фази-імпульсними інформаційними сигналами. Використання запропонованих математичних моделей дозволяє підвищити ефективність проектування елементів фази-логіки. На основі розроблених математичних моделей визначено часові діаграми роботи широтно-імпульсних елементів фази-логіки.

Література

1. Angel Rodriguez-Vázquez. A modular programmable CMOS analog fuzzy controller chip / Angel Rodriguez-Vázquez, Rafael Navas-González, Manuel Delgado-Restituto M., Fernando Vidal-Verdú // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1999. – Vol. 46, № 3. – P. 251-265.
2. Vidal-Verdú F. Multiplexing architecture for mixed-signal CMOS fuzzy controllers / F. Vidal-Verdú, R. Navas-González, A. Rodríguez-Vázquez // Electronics Letters. – 1998. – Vol.34, № 14. – P. 1437-1438.
3. Ota Y. CMOS Implementation of a Voltage-Mode Fuzzy Min-Max Controller / Y. Ota, B. M.

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: