

простий класифікатор Байеса, Lift-, Gain- і Roc-діаграми. На жаль, дані методи мають безліч недоліків, які не дозволяють їм здійснити найбільш достовірну оцінку.

За базу для побудови моделі взята логістична регресія. В ході дослідження існуючих методів для знаходження коефіцієнтів логістичної регресії був зроблений висновок про те, що вони можуть бути знайдені за допомогою методу максимальної правдоподібності тільки обчислювальним ітераційним шляхом, тому був розроблений метод оцінки шансів, який дозволяє аналітично знайти дані коефіцієнти для дихотомічної і поліхотомічної вхідних змінних.

Реалізовано розроблений метод оцінки шансів для знаходження коефіцієнтів логістичної регресії для дихотомічної і поліхотомічної вхідних змінних і розроблений алгоритм побудови ROC-кривих для поліхотомічної вхідної змінної на прикладі відповідної вибірки шляхом написання програми на мові Delphi. Побудована модель логістичної регресії, якість якої перевіряється за допомогою побудови ROC-кривих. У результаті аналізу її ефективності виявлено, що вона працює достовірно і точно відображає існуючі залежності, дає адекватну оцінку досліджуваної проблеми і дозволяє виробити відповідні рекомендації щодо прийняття рішення.

Розроблені методи оцінки правдоподібності бінарної класифікації, реалізовані в програмному забезпеченні, можна використати як надійний інструмент прийняття рішення аналітиками в різних предметних областях, включаючи медицину, телекомунікаційні послуги, економіку, маркетинг тощо. Програмне забезпечення може бути використано для вирішення завдань бінарної класифікації, побудови відповідних моделей і оцінки їх якості. Воно вигідно відрізняється від існуючих програмних продуктів простотою у використанні, універсальністю та некомерційністю поширення.

### **Висновок**

У даній роботі розроблено методи оцінки правдоподібності бінарної класифікації та здійснена їх програмна реалізація на мові Delphi.

### **Список використаних джерел**

1. Цивьян Т.В. Мифологическое программирование повседневной жизни / Т.В.Цивьян. – Спб.: Питер, 2002. – 208 с.
2. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Барсегян. М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

УДК 519.24

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ГІПСОКАРТОНУ НА СТАДІЯХ ЙОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Манжула В.І.<sup>1)</sup>, Рижий О.В.<sup>2)</sup>, Кирильчук А.Б.<sup>3)</sup>**

*Тернопільський національний економічний університет*

*<sup>1)к.т.н., доцент, <sup>2,3)аспірант</sup></sup>*

### **І. Постановка проблеми**

Останнім часом велику популярність завоювало так зване «сухе» будівництво із використанням гіпсокартону. Гіпсокартон – це плитний (листовий) оздоблювальний матеріал, що складається з шару мінеральної основи – гіпсу і декількох шарів паперу з обох боків. В Україні стрімко розвивається виробництво гіпсокартону, яке представлено такими великими компаніями як Knauf Gips (Німеччина), Lafarge Group (Франція), що займають 80% українського ринку гіпсокартону. Українським виробникам важко конкурувати за ціною і за якістю з іноземними. В більшості випадків це малий бізнес, що використовує міні-заводи, які виробляють до 200 листів в день (200 тисяч квадратних метрів у рік). Таке обладнання, виробництва західної Європи, коштує близько 170 тисяч доларів, тому багато використовують лінії з КНР, які є значно дешевшими. Обладнання повинно бути якісним, щоб гарантувати споживчі властивості гіпсокартону, тому такі лінії вимагають майже повної автоматизації. Налаштування лінії для окремої партії гіпсу проводиться як правило в ручному режимі, що вимагає значного часу та призводить до втрат. Тому розробка математичного забезпечення, на основі математичного моделювання характеристик якості гіпсокартону, для систем автоматизації малобюджетних ліній виробництва гіпсокартону є актуальною задачею.

## II. Аналіз характеристик якості гіпсокартону на стадіях його виробництва

Технологія виробництва не відрізняється особливою складністю [1]. Якість листів гіпсокартону залежить від правильного дозування компонентів при приготуванні формувальної маси напівгідрату. У гіпсову масу додаються необхідні елементи – крім води, в неї входить хімічне мило і ряд мінералів, а також каталізатор для прискорення тужавлення. Формування аркушів здійснюється автоматично – формувач подає підготовлений шар суміші на картон, наклеюються картонні листи. Краї листа завальцовуються, автоматика задає периметр полотна, напівгідрату при русі по конвеєру швидко тужавіє, і його можна легко розрізати на частини. Пристрій для розрізування працює за гильотинним принципом. Важливим показником якості гіпсової маси є терміни тужавлення. Вони значною мірою визначають якість листів і продуктивність конвеєра. Терміни тужавлення напівгідрату слід регулювати не тільки введенням добавок сповільнювача або прискорювача, а й керуванням роботою насичувального конвеєра і гіпсомішалки.

Технологічний процес виробництва листів гіпсокартону завершується їхнім сушінням — видаленням надлишкової вологи, що залишилася після гідратації напівводного гіпсу. В сушарку листи надходять з вологістю 32...42 %, на виході із сушарки вологість листів має бути не більш як 2 %. Порушення режиму сушіння може призвести до відклеювання картону і дегідратації гіпсового осердя, тобто до браку. Параметри температури повітря в сушильній камері підбираються досвідченим шляхом (вони залежать від багатьох чинників, таких як: температура і вологість навколишнього середовища, хімічний склад і вологість сировини, пора року і так далі). Після сушіння листи остаточно обрізуються в розмір. Робітники потрібні тільки на самому останньому етапі – штабелювання і упаковки повністю готової продукції.

В таблиці 1 наведено результати досліджень характеристик якості гіпсокартону на основних стадіях його виробництва. Також проведено аналіз можливих технологічних втрат внаслідок режиму ручного настроювання та управління процесами при виробництві гіпсокартону.

## III. Аналіз методів математичного моделювання характеристик якості гіпсокартону

Проаналізувавши напрацювання в галузі математичного моделювання процесів виробництва гіпсокартону, зокрема в даному напрямку слід відмітити праці наукової школи проф. Дивака М.П., можна виокремити дві розробки. Перша – це моделювання якості продукції та управління при виробництві гіпсокартону, де основним процесом є контроль розподілу вологості на завершальній стадії його виготовлення. Для розв'язування даної задачі застосовувалися математичні моделі об'єктів з розподіленими параметрами у вигляді лінійних різницевих операторів [2].

Таблиця 1

Характеристики якості гіпсокартону на стадіях його виробництва

Стадія виробництва (етапи)	Параметри технологічного процесу, що впливають на якість	Характеристики якості листа	Втрати при режимі ручного управління (листів)*
Підготовка сировини	вологість гіпсу	діаметр плями розтікання гіпсоводної суміші	
Формування суміші напівгідрату	швидкість подачі гіпсу, швидкість подачі води з розчиненим крохмалем, швидкість подачі піноутворювача, швидкість подачі повітря, швидкість подачі коректору часу затвердіння	час тужавлення, діаметр плями розтікання суміші напівгідрату	15-18
Формування листів, транспортування на конвеєрі	параметри формувача розмірів, горизонтальне положення рольгангового конвеєра	ширина, товщина, кромка, міцність листа	10-12
Сушіння	температура сушіння, швидкість конвеєра сушарки	вологість осердя, товщина, міцність	40

\* значення отримані шляхом експертного оцінювання

У загальному випадку лінійний різницевий оператор для модельованої характеристики якості  $q_{x,y,z,t}$  у точці з дискретно-заданими просторовими координатами  $x, y, z$  та часовою дискретою  $t$  має такий вигляд:

$$q_{x,y,z,t} = \vec{f}^T(q_{0,0,0,0}, \dots, q_{0,0,z-1,0}, q_{x-1,0,0,0}, \dots, q_{0,y-1,0,0}, \dots, q_{x-1,y-1,z-1,t-1}, \vec{u}_{x,y,z,0}, \dots, \vec{u}_{x,y,z,t}) \cdot \vec{b},$$

$$x = 1, \dots, X, \quad y = 1, \dots, Y, \quad z = 1, \dots, Z, \quad t = 1, \dots, T,$$

де  $\vec{f}^T(\bullet)$  – вектор базисних функцій;  $\vec{u}_{x,y,z,0}, \dots, \vec{u}_{x,y,z,t}$  – вектори вхідних змінних (управління);  $\vec{b}$  – вектор параметрів різницевого оператора.

Друга задача, яка є розв'язаною, – це моделювання функціональної придатності устаткування для підготовки суміші напівгідрату та формування листів в умовах змінних характеристик компонентів для виготовлення гіпсокартону [3]. При цьому характеристика функціональної придатності лінії визначалась як допустимий інтервал швидкості руху конвеєрної стрічки, на якій відбувається тужавлення суміші напівгідрату, або відповідну характеристику – тужавлення суміші напівгідрату. У цьому випадку застосовувалися математичні моделі у вигляді лінійних алгебраїчних рівнянь, оскільки усі величини отримані експериментальними вимірювання з певними похибками, математична модель має такий інтервальний вигляд:

$$[\hat{q}_{v_i}^-, \hat{q}_{v_i}^+] = [f^-(\vec{V}, v_i, d, \tau); f^+(\vec{V}, v_i, d, \tau)],$$

де,  $[f^-(\vec{V}, v_i, d, \tau); f^+(\vec{V}, v_i, d, \tau)]$  – функціональний коридор інтервальних моделей для часу тужавлення суміші напівгідрату;  $[\hat{q}_{v_i}^-, \hat{q}_{v_i}^+]$  – інтервальна оцінка значення часу тужавлення, де  $v_i$  – фіксована швидкість руху конвеєрної лінії,  $\vec{V}$  – вектор змінних, що визначають параметри подачі компонентів для суміші напівгідрату; характеристика гіпсу, яку визначають як діаметр  $d$  плями розтікання фіксованого об'єму гіпсоводної суміші в пропорції гіпс/вода=1/0.7, характеристики коректора затвердіння  $\tau$ , яка змінюється в залежності від часу зберігання.

### Висновки

Отже, проаналізувавши технологічний процес виробництва гіпсокартону в контексті забезпечення якості продукції та напрацювання в галузі математичного моделювання необхідно відмітити, що актуальною є розробка математичного забезпечення на основі моделей характеристик якості гіпсокартону на різних стадіях його виробництва, які б забезпечували управління технологічним процесом в автоматичному режимі. Це в свою чергу зменшить відсоток браку при запуску та переналаштуванні лінії на нову партію сировини. Дана розробка націлена в основному на малобюджетні міні-заводи по виготовленню гіпсокартону.

### Список використаних джерел

1. Назаренко І.І. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. Конструкції та основи експлуатації: Підручник для студ. вищ. навч. закл. / І.І. Назаренко, О.В. Гуманська. - К. : Вища школа, 2004. - 590 с.
2. Дывак Н.П. Макромодель распределения влажности в листе гипсокартона в процессе его сушения на основе интервального разностного оператора / Н.П. Дывак, Т.Н. Дывак, А.В. Пукас, В.И. Манжула // Управляющие системы и машины, 2013, №2, С.81-94.
3. Дывак М.П. Моделювання та забезпечення функціональної придатності технологічного обладнання лінії по виготовленню гіпсокартону в умовах змінних характеристик сировини / М.П. Дывак, С.Я. Крепич, В.І. Манжула, Т.М. Дывак // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2015. – №3(52). – С. 186-192.