

Г.М. Гнатієнко, канд.техн.наук

Група компаній “Верес”, директор Департаменту управління персоналом

К.М. Миронова, канд.біол.наук

Державний науковий центр прикладної мікробіології Федерального державного унітарного підприємства «Оболенський біотехнологічний центр», Росія

Використання схем послідовного аналізу варіантів при визначенні економічної доцільності виробництва діагностичного поживного середовища

Розглядається економічна модель створення нової технології виробництва діагностичного поживного середовища. Проводиться серія експериментів з відомими параметрами. Для деяких експериментів експертним шляхом або лабораторними дослідженнями визначаються попарні відношення переваги.

Для визначення впливу кожної складової середовища на його якість запропоновано три евристики, які ґрунтуються на евклідовій відстані, зважених сумарних показниках та мінімаксному підході.

Для розв’язання задач, які при цьому виникають, застосовуються методи послідовного аналізу варіантів

послідовний аналіз варіантів

Однією з основних характеристик функціонування будь-якого сучасного виробництва є економічні показники діяльності підприємства. Вибір економічно високорентабельних технологій є важливим чинником при плануванні будь-якого виробництва. Це стосується і багатокомпонентних діагностичних поживних середовищ, які використовуються у санітарній та клінічній мікробіології, для контролю мікробної забрудненості лікарських засобів, а також для діагностики небезпечних та особливо небезпечних інфекцій. Тому розробка та економічно обґрунтоване виробництво діагностичних поживних середовищ будуть завжди актуальними.

Найсуттєвішим показником якості діагностичного поживного середовища є ріст тест-штамів, який залежить як від складу зазначеного середовища, так і від якості інгредієнтів поживного середовища. Тест-штами – це група мікроорганізмів, яка використовується для контролю якості готових препаратів. Поживні середовища розробляються з врахуванням кількості поживних речовин, необхідних для нормальної життєдіяльності мікробної клітини. Склад поживного середовища, як правило, вимірюється у грамах на літр дистильованої води.

Основну роль при розробці імунобіологічних препаратів відіграють фінансово-економічні показники, склад поживного середовища та показники якості складових. Така інтегральна характеристика як інтенсивність процесів поглинання мікроорганізмами поживних середовищ залежить від багатьох чинників. Визначення ступеня впливу цих чинників на якість середовища є предметом подальшого викладення.

Позначимо множину можливих інгредієнтів діагностичних середовищ через $W = \{\omega^1, \omega^2, \dots, \omega^m\}$, де m -можлива кількість інгредієнтів (параметрів чи критеріїв багатокритеріальної задачі). Інгредієнтами багатокомпонентних поживних середовищ є: білкові основи з рибного борошна, казеїн, свіжа риба та м’ясо, цукор, різні солі,

інгібітори у вигляді фарбників, жовч, вітаміни у вигляді екстрактів дріжджів, аутолізатори, стимулятори росту, агар-агар.

Нехай експериментальна лабораторія проводить серію експериментів з визначення кращого сорту деякого конкретного поживного середовища з номерами експериментів $i = 1, \dots, n$. Причому, розглядаються лише середовища з фіксованими складовими:

$$\omega_i = (\omega_i^1, \dots, \omega_i^k), \omega_i^s \in W, s \in \{1, \dots, k\} = I, i \in \{1, \dots, n\}, \quad (1)$$

де I – множина інгредієнтів (параметрів, критеріїв) середовищ.

Експертиза побудована таким чином, що експерти мають можливість задавати значення параметрів середовищ у безрозмірному вигляді. Тобто значення параметрів $\omega_i^s, s \in I, i \in \{1, \dots, n\}$, наближаються до нуля тоді, коли значення s -го параметра у i -му експерименті має максимальний вплив на якість поживного середовища. Значення $\omega_i^s, s \in I, i \in \{1, \dots, n\}$, є близьким до 1, коли s -й параметр у i -му експерименті має мінімальний вплив на якість поживного середовища.

Зазначимо, що при експертному визначенні значень показників $\omega^s, s \in I$, надзвичайно велику роль відіграють економічні характеристики складових – вартість їх виробництва, витрати на зберігання, транспортування тощо.

При розробці та впровадженні у виробництво нових поживних середовищ важливо також забезпечити належні засоби контролю та методи вимірювання якості на усіх етапах виробництва діагностичних поживних середовищ. Основними етапами розробки середовищ є:

- економічні розрахунки, зокрема, прогнозування собівартості виробництва;
- вхідний контроль якості сировини та матеріалів;
- контроль технологічних процесів на усіх етапах виробництва;
- регулярний контроль готових препаратів.

Задача вибору найкращого з фінансово-економічної точки зору варіанту нового поживного середовища є погано формалізованою і вимагає залучення експертної інформації на різних етапах її розв'язання. Визначення впливу кожної складової середовища на його якість та економічні характеристики вимагає використання додаткових евристик.

Перелічимо деякі евристики, які можуть бути конструктивно використані для визначення найважливіших складових поживного середовища.

Евристика Е1. Якщо експертом, групою експертів чи лабораторними вимірюваннями виявлено, що поживне середовище, одержане під час i -го експеримента, має кращі з економічної точки зору властивості, ніж середовище, одержане в j -му експерименті, тобто $\omega_i \succ \omega_j$, то це означає, що справедлива нерівність

$$\sqrt{\sum_{s \in I} (\omega_i^s \rho_s)^2} < \sqrt{\sum_{s \in I} (\omega_j^s \rho_s)^2}, \quad (2)$$

де $\rho_s, s \in I$, – нормовані вагові коефіцієнти впливу інгредієнтів на якість поживного середовища,

$$\rho_s > 0, s \in I, \sum_{s \in I} \rho_s = 1. \quad (3)$$

Означення. Нормовані вагові коефіцієнти вигляду (3) у контексті цієї роботи будемо називати коефіцієнтами відносної економічної важливості інгредієнтів діагностичного поживного середовища.

При застосуванні евристики Е1 виникає задача визначення таких нормованих значень вагових коефіцієнтів, для яких виконувалася б нерівність вигляду (2).

Розглянемо задачу, яка виникає при застосуванні евристики Е1. Нерівність (2) перепишемо у вигляді $\sum_{s \in I} (\omega_i^s \rho_s)^2 - \sum_{s \in I} (\omega_j^s \rho_s)^2 < 0$.

Після зведення подібних маємо $\sum_{s \in I} (\omega_i^{s^2} - \omega_j^{s^2}) \rho_s^2 < 0$.

Покладемо $a_s = \omega_i^{s^2} - \omega_j^{s^2}, s \in I$. Враховуючи умову нормованості, запишемо $\rho_1 = 1 - \sum_{\substack{s \in I \\ s \neq 1}} \rho_s$. Тоді задача, що виникає при застосуванні евристики Е1, формалізується у вигляді

$$a_1(1 - \sum_{\substack{s \in I \\ s \neq 1}} \rho_s)^2 + \sum_{\substack{s \in I \\ s \neq 1}} a_s \rho_s^2 < 0.$$

Початкові інтервали допустимих значень вагових коефіцієнтів утворюють одиничний гіперкуб: $0 < \rho_s < 1, s \in I$. Для звуження інтервалів вагових коефіцієнтів можна застосувати метод послідовного аналізу варіантів для задач дискретного сепарабельного програмування, описаний в монографії [1].

Після визначення інтервалів допустимих значень вагових коефіцієнтів $\rho_s \in [\rho_s^H, \rho_s^B], s \in I$, розглядаються лише ті поживні середовища ω_i , для яких виконується нерівність вигляду (2) з врахуванням умови нормованості вагових коефіцієнтів $\rho_s, s \in I$.

Евристика Е2. У випадках, коли на думку експертів чи за результатами лабораторних досліджень виявлено, що $\omega_i \succ \omega_j$, то має виконуватися співвідношення

$$\max_{s \in I} \omega_i^s \rho_s < \max_{s \in I} \omega_j^s \rho_s. \quad (4)$$

Евристика Е2 породжує задачу визначення нормованих значень вагових коефіцієнтів відносної важливості інгредієнтів поживного середовища, для яких виконувалася б нерівність вигляду (4).

Особливості та основні підходи до розв'язання задачі визначення економічної доцільності використання інгредієнтів діагностичних поживних середовищ різного походження, що виникає при застосуванні евристики Е2, та алгоритм знаходження інтервалів вагових коефіцієнтів для прикладних задач різноманітних предметних областей описано в роботі [2].

Евристика Е3. З того, що експерти віддали перевагу середовищу, одержаному в результаті i -го експерименту, над середовищем, виробленим під час проведення j -го експерименту, тобто $\omega_i \succ \omega_j$, випливає справедливості нерівності

$$\sum_{s \in I} \omega_i^s \rho_s < \sum_{s \in I} \omega_j^s \rho_s. \quad (5)$$

Задача, утворена застосуванням евристики Е3, формалізується у класі задач лінійного програмування і може бути розв'язана застосуванням алгоритму послідовного аналізу варіантів у задачах лінійного програмування великої розмірності, описаного в роботі [3].

Для приведення формулювання задачі вигляду (5) до традиційного вигляду здійснимо наступні перетворення:

$$a_s = \omega_i^s - \omega_j^s, s \in I,$$

та введемо такі позначення:

$$I_1 = \{s | a_s > 0, s \in I\},$$

$$I_2 = \{s | a_s < 0, s \in I\},$$

$I_3 = \{s | \rho_s^{t(H)} = \rho_s^{t(B)}, s \in I, t = 1, 2, \dots\}$, – множина індексів, для яких значення вагових коефіцієнтів зафіксувалися на t -му кроці метода,

$$\rho_s^{t(\Phi)} = \rho_s^{t(H)} = \rho_s^{t(B)}, s \in I, t = 1, 2, \dots\},$$

де $\rho_s^{t(H)}$ та $\rho_s^{t(B)}$ – відповідно нижня та верхня межі інтервалів зміни s -го вагового коефіцієнта, $s \in I$, на t -му кроці метода, $t = 0, 1, 2, \dots$, $I_1 \cup I_2 \cup I_3 = I$.

Тоді для визначення коефіцієнтів відносної економічної важливості складових поживного середовища з використанням евристики ЕЗ виникає наступна задача

$$\begin{cases} \sum_{s \in I} a_s \rho_s < 0, \\ \sum_{s \in I} \rho_s = 1, \\ 0 < \rho_s < 1, s \in I. \end{cases}$$

Замінивши умову нормування вагових коефіцієнтів на дві відповідні нерівності одержимо систему

$$\begin{cases} \sum_{s \in I} a_s \rho_s < 0, \\ \sum_{s \in I} \rho_s \leq 1, \\ -\sum_{s \in I} \rho_s \leq -1, \\ 0 < \rho_s < 1, s \in I, \end{cases}$$

до якої будемо застосовувати метод послідовного аналізу варіантів, описаний в роботі [3].

На початковому етапі метода покладемо $\rho_s^{0(H)} = 0$, $\rho_s^{0(B)} = 1$, $\forall s \in I$, тобто множина допустимих значень вагових коефіцієнтів відносної економічної важливості складових поживного середовища утворює одиничний гіперкуб.

На кожному наступному етапі метода, в процесі пред'явлення експертові чи експертам нових пар варіантів поживних середовищ та визначення ним відношень переваги здійснюється уточнення нижньої та верхньої меж зміни вагових коефіцієнтів за формулами:

$$\rho_s^{(t+1)(H)} = \max \left(\rho_s^{t(H)}, \left(- \sum_{\substack{l \in I_1 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(H)} - \sum_{\substack{l \in I_2 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(B)} - \sum_{\substack{l \in I_3 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(\Phi)} \right) / a_s, \left(1 + \sum_{\substack{l \in I_2 \\ l \neq s}} \rho_l^{t(B)} + \sum_{\substack{l \in I_3 \\ l \neq s}} \rho_l^{t(\Phi)} \right) \right),$$

$$\rho_s^{(t+1)(B)} = \min \left(\rho_s^{t(B)}, \left(- \sum_{\substack{l \in I_1 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(H)} - \sum_{\substack{l \in I_2 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(B)} - \sum_{\substack{l \in I_3 \\ l \neq s}} a_l \rho_l^{t(\Phi)} \right) / a_s, \left(1 - \sum_{\substack{l \in I_1 \\ l \neq s}} \rho_l^{t(B)} - \sum_{\substack{l \in I_3 \\ l \neq s}} \rho_l^{t(\Phi)} \right) \right).$$

Описані задачі можуть також застосовуватися у іншій інтерпретації – коли слід вибрати сорт деякої складової за кращим співвідношенням ціна/якість чи іншими критеріями. У цьому випадку вектор (1) є фіксованим за виключенням єдиного інгредієнта ω_i^ϕ . Варіації цього складника утворюють різні варіанти складу поживного середовища, які породжують область допустимих альтернатив для визначення економічно обгрунтованого розв'язку.

Така задача виникає тому, що якість інгредієнтів діагностичних поживних середовищ не завжди знаходиться у прямій залежності від їхньої вартості, тобто функція відносної економічної важливості складових не є лінійною. Значною мірою якість залежить від фірми-виробника. Наприклад, рибне борошно, яке виробляється у Німеччині, Мавританії, Латвії, Росії, сильно варіює за якісним та кількісним

амінокислотним складом, за місткістю іонів кальцію, що в деяких поживних середовищах сильно впливає на прозорість середовища.

Стійкість драглів агар-агару разом з його економічними характеристиками є його основними показниками. Найміцніший агар виробляється у Іспанії. Агар виробництва Марокко та Росії поступається йому за показником міцності, але значно переважають іспанський агар за створенням пігмента в процесі росту.

Якість жовчі значною мірою залежить від місця її збирання, що в свою чергу залежить від харчування тварини. Це позначається на співвідношенні жовчних кислот, що в свою чергу впливає на її інгібіторну здатність. Фарбники, вироблені за державними стандартами (феноловий червоний, фуксин основний, метиленовий блакитний, нейтральний червоний) є значно стабільнішими в роботі від фарбників, вироблених за технічними умовами. При цьому фінансово-економічні показники зазначених інгредієнтів можуть бути порівнянними між собою.

Наведені вище задачі визначення відносної економічної важливості складових ускладнюються, коли необхідно розглядати кількісні значення переваг, тобто коли відомі інтегральні кількісні значення якості поживного середовища і на підставі їх аналізу слід визначити вплив складників на якість середовища. Узагальнення алгоритму розв'язання задачі визначення вагових коефіцієнтів критеріїв для випадку задання метризованого відношення переваги при використанні евристики ЕЗ описано, зокрема, в роботі [4].

З метою підвищення економічної обґрунтованості вибору поживного середовища для серійного виробництва та врахування численних факторів, які впливають на результати експериментів, необхідно здійснити всебічний фінансово-економічний аналіз, який ґрунтується як на розрахунках, так і на аргументованих судженнях фахівців.

Наведені схеми послідовного аналізу варіантів при визначенні економічної доцільності вибору складу поживного середовища дають можливість дослідникам здійснювати цілеспрямований вибір напрямку експериментів та оптимізації складників створюваного багатокомпонентного поживного середовища.

Список літератури

1. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем / Волкович В.Л., Волошин А.Ф. и др.-К.: Наук. думка, 1984.-216с.
2. Гнатієнко Г.М. Метод адаптивного визначення інтервалів відносної важливості параметрів багатовимірних об'єктів // Вісн.Київ.ун-ту. Фіз.-мат. науки.-Київ, 2000, Вип.№1, С.215-221.
3. Михалевич В.С., Волкович В.Л., Волошин А.Ф. Метод последовательного анализа в задачах линейного программирования большого размера //Кибернетика. – 1981. – № 4. – С. 114-120.
4. Волошин А.Ф., Гнатиенко Г.Н., Дробот Е.В. Метод косвенного определения интервалов весовых коэффициентов параметров для метризованных отношений между объектами //Проблемы управления и информатики. – 2003. - № 2. – С. 34-42.

Рассматривается экономическая модель разработки новой технологии производства диагностической питательной среды. Проводится серия экспериментов с известными параметрами. Для некоторых экспериментов экспертным путем или лабораторными исследованиями определяются попарные отношения предпочтения.

Для определения влияния каждой составляющей питательной среды на ее качество предложено три эвристики, которые основываются на евклидовом расстоянии, взвешенных суммарных показателях и минимаксном подходе.

Для решения задач, которые при этом возникают, применяются методы последовательного анализа вариантов.

The economics model of development of the new "know-how" of a diagnostic nutrient medium is considered. A series of experiments with known parameters is carried out. For some experiments by expert way or laboratory researches paired relations of preference are defined.

For definition of influence of each making nutrient medium on its quality it is offered three heuristics which are based on Evklid's the distance, the weighed total parameters and the minimax approach.

For the decision of problems which thus arise, methods of the consecutive analysis of variants are applied.