

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА І АВТОМАТИКА

УДК 519.8

ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ЗБАЛАНСОВАНОГО ХАРЧУВАННЯ

Кондрук Н.Е.,

Маляр М.М., к.т.н., доцент

Вищий держаний навчальний заклад „Ужгородський національний університет”

В статті описана задача сбалансованого харчування і побудована її математическа модель в формі багатокритеріальної задачі лінійного програмування.

Ключевые слова: *Линейное программирование, многокритериальность, математическое моделирование, сбалансированное питание.*

Вступ. Ще в давнину люди розуміли величезне значення харчування для здоров'я. Гіппократ вважав, що лікування полягає в тому, щоб на різних стадіях хвороби вміти правильно вибрати їжу в кількісних і якісних співвідношеннях. Мислителі давнини Гіппократ, Уельс, Гален та інші присвячували цілі трактати лікувальним властивостям різних видів їжі і розумному її споживанню. Видатний вчений Сходу Авіценна вважав їжу джерелом сили та бадьорості.

В епоху науково-технічного прогресу в зв'язку зі змінами умов праці і побуту виникла проблема запобігання захворюванням, що виникають через надлишкове і нераціональне споживання їжі та малорухливий спосіб життя або м'язову незавантаженість (гіподинамію). Все частіше зустрічаються хвороби, які виникають внаслідок порушення обміну речовин (ожиріння, цукровий діабет та ін.).

В зв'язку з цим, в наш час актуальною стає проблема підвищення культури харчування, щоб раціон харчування відповідав енергетичним затратам і фізіологічним потребам організму.

Раціональним вважається таке харчування, яке забезпечує нормальну життєдіяльність організму, високий рівень працездатності та опору несприятливим факторам навколишнього середовища. Воно є невід'ємним компонентом здорового способу життя.

Дієтологія – це вчення про раціональне харчування здорової та хворої людини [1].

Дієта – це спеціально підібраний за кількістю, хімічним складом, калорійністю і кулінарною обробкою раціон харчування [1].

Широке застосування лікувального харчування – найважливішої складової частини загально-терапевтичного комплексу – визначає не-

In the article the problem of balanced power supply is described and its mathematical model as a multicriterion linear programming task is created.

Key words: *Linear programming, multiobjective, mathematical modelling, balanced food.*

обхідність глибокого знання принципів і конкретних методів дієтології. Не менш важливим є і раціональне харчування, яке відкриває нові можливості профілактики багатьох захворювань.

Харчування забезпечує найважливішу функцію організму людини, постачаючи йому енергію, необхідну для покриття витрат на процеси життєдіяльності. Від характеру харчування залежить обмін речовин в організмі, структура та функції клітин, тканин, органів.

Загальна постановка задачі збалансованого харчування.

Розглянемо задачі збалансованого харчування людини або клас задач про складання дієт.

Нехай до „харчового” споживчого кошика або раціону людини включено n видів продуктів. Потрібно підібрати таку їх кількість x_1, x_2, \dots, x_n (в грамах), щоб харчування людини відповідало певній меті – дієті, тобто було збалансованим: відображало основні потреби в необхідних корисних речовинах та мінімізувало б вживання речовин, які шкодять здоров'ю.

В якості математичної моделі даної задачі пропонується розглянути задачу багатокритеріального лінійного програмування.

Критеріальний простір, простір змінних та альтернатив даних задач залежать від мети введення дієти, зокрема, від наявності хвороб, лікування яких потребує дієтичне харчування, або ж від світоглядних переконань (наприклад, вегетаріанство, макробіотика, роздільне харчування тощо).

Позначимо множину індексів через $J = \{1, 2, \dots, n\}$.

Нехай потрібно відкоригувати (максимізувати, мінімізувати, обмежити) вміст s мікро-

елементів, p органічних речовин та сполук, які потрапляють в організм із продуктами (вітаміни, білки, жири, вуглеводи та ін.), калорійність продуктів раціону людини. Позначимо через b_{ij} – кількість i -го, $i = \overline{1, s}$ мікроелементу в 1 г j -го продукту, $j \in J$; r_{ij} – кількість i -ої, $i = \overline{1, p}$, органічної речовини або сполуки в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$; k_j – калорійність 1 граму продукту j -го виду, $j \in J$.

Крім того, позначимо через c_j , $j \in J$ вартість 1 граму j -го продукту.

Використовуючи вище наведені позначення, можна скласти наступну математичну модель класу задач збалансованого харчування.

$$\sum_{j=1}^n b_{i,j} x_j \rightarrow \text{extr}, \quad i_1 \in I_1 \subset \{1, 2, \mathbf{K}, s\}, \quad - \text{оптимізація множини критеріїв, що відповідають за корекцію мікроелементів раціону людини;}$$

оптимізація множини критеріїв, що відповідають за корекцію мікроелементів раціону людини;

$$\sum_{j=1}^n r_{i_2,j} x_j \rightarrow \text{extr}, \quad i_2 \in I_2 \subset \{1, 2, \mathbf{K}, p\}, \quad - \text{оптимізація множини критеріїв, що відповідають за корекцію органічних речовин та сполук раціону людини;}$$

оптимізація множини критеріїв, що відповідають за корекцію органічних речовин та сполук раціону людини;

$$\sum_{j=1}^n k_j x_j \rightarrow \text{extr} \quad - \text{оптимізація критерію, який корегує калорійність продуктів;}$$

який корегує калорійність продуктів;

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \text{min} \quad - \text{виражає критерій мінімізації вартості продуктів раціону;}$$

зації вартості продуктів раціону;

$$\underline{b}_{i_3} \leq \sum_{j=1}^n b_{i_3,j} x_j \leq \overline{b}_{i_3}, \quad \text{де } i_3 \in I_3 \subset \{1, 2, \mathbf{K}, s\}, \quad - \text{множина обмежень, яка лімітує надходження мікроелементів раціону людини;}$$

множина обмежень, яка лімітує надходження мікроелементів раціону людини;

$$\underline{r}_{i_4} \leq \sum_{j=1}^n r_{i_4,j} x_j \leq \overline{r}_{i_4}, \quad \text{де } i_4 \in I_4 \subset \{1, 2, \mathbf{K}, p\}, \quad - \text{множина обмежень, яка лімітує надходження органічних речовин та сполук раціону людини;}$$

множина обмежень, яка лімітує надходження органічних речовин та сполук раціону людини;

$$\underline{k} \leq \sum_{j=1}^n k_j x_j \leq \overline{k} \quad - \text{обмеження калорійності вживаних продуктів;}$$

вживаних продуктів;

$$x_j \geq 0, \quad j \in J.$$

Причому коефіцієнти $\overline{b}_{i_3}, \overline{r}_{i_4}, \overline{k}, \underline{b}_{i_3}, \underline{r}_{i_4}, \underline{k}$ характеризують рекомендовані медиками-дієтологами верхні та нижні межі добової потреби організму людини у кількості відповідних мікроелементів, органічних речовин та сполук, калорійності та розраховані в залежності від її ваги.

Особливістю математичних задач даного класу є те, що на частковій критеріальній простору нерідко доводиться накладати

обмеження, які формують множину допустимих розв'язків задачі.

Практичне застосування моделей задач збалансованого харчування в дієтології захворювань печінки та жовчогінних шляхів.

Особливо велике значення набуває харчування людини під час хвороби. При цьому лікувальне харчування направлене не тільки на збереження, але і на відновлення порушених функцій. Воно може потенціювати терапевтичний ефект лікарських засобів.

Дієтотерапія захворювань печінки та жовчогінних шляхів побудована на єдиних принципах, які нижчеописані згідно [2, 4].

Лікувальне харчування направлене на відновлення печінки та покращення її функцій, стимуляцію жовчовиділення, збагачення глікогеном (основним запасним вуглеводом людини) і запобігання жирової інфільтрації печінки, коригування обмінних порушень і потенційне відновлення процесів.

Ці принципи дієтотерапії знаходять своє відображення в лікувальній дієті № 5 [2] та основній дієті [4]. Разом з тим лікувальна дієта має будуватися диференційовано з врахуванням характеру і фази захворювання, наявності ускладнень супутніх захворювань, що потребує відповідної корекції дієти.

Ретельне виконання дієтичних рекомендацій є суттєвою мірою профілактики переходу запальних процесів в хронічний гепатит та цироз печінки.

Енергетична цінність продуктів добового раціону в дієті № 5: 2170-2400 ккал.

Основний хімічний склад продуктів, г: білків – 85-90, жирів – 70-80, вуглеводів – 300-330 [4].

Продукти рекомендовані при дієті № 5: хліб пшеничний, житній вчорашньої випічки, вироби із не здобного тіста; яловичина, м'ясо кролика, курки, індики, нежирна шинка, лікарська та дієтична ковбаси; білок яєчний; молоко, кефір, сметана, некислий творог, пудинг, запіканка творожна, негострий твердий сир; масло вершкове, олія рослинна: соняшникова, оливкова; всі види круп; свіжі овочі, крім щавлю, редиски, редьки; фрукти та ягоди некислих сортів, желе, компоти, мед, цукор, мармелад; чай з лимоном, овочеві, фруктові та ягідні соки.

Вище перераховані продукти і будуть утворювати простір допустимих продуктів. Вибравши деяку підмножину даного простору потужності n , отримаємо n видів продуктів добового раціону людини. Позначимо через $x_1, x_2, \mathbf{K}, x_n$ шукану їх кількість (в грамах), яка б відповідала вимогам дієти при захворюваннях печінки та жовчогінних шляхів.

Енергетична цінність дієти № 5 повинна відповідати енерговитратам організму, що під-

вищує захисні властивості печінки і стимулює процеси регенерації. Харчування з низькою енергетичною цінністю сприяє жировій інфільтрації печінки, що веде до зниження функціональної спроможності гепатоцитів та їх загибелі. Надлишкове ж харчування утруднює роботу печінки.

Із вищесказаного для лімітування енергетичної цінності раціону слідує обмеження виду:

$$MK_1 \leq \sum_{j=1}^n k_j x_j \leq MK_2,$$

де k_j відображає енергетичну цінність (в ккал) 1 г продукту j виду, $j \in J$, $J = \{1, 2, \mathbf{K}, n\}$, K_1 , K_2 – відповідно рекомендовані верхня та нижня межа енергетичної цінності раціону осіб розрахована на 1 кг нормальної маси тіла M в залежності від віку та статі.

Введення в раціон достатньої кількості білка сприяє регенерації клітин печінки і забезпечує їх функціональну повноцінність. Кількість білка має відповідати фізіологічним потребам організму 85–90 г на добу, або 15 % від загальних енерговитрат. Позначимо через r_{1j} – кількість білків (в грамах) в 1 г продукту j -го виду, де $j \in J$, $J = \{1, 2, \mathbf{K}, n\}$. Кількість енергії, яка отримана від окислення 1 г білка рівна 4 ккал. Отримаємо наступні обмеження:

$$0.0375MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{1j} x_j \leq 0.0375MK_2.$$

Обмеження жиру в дієті виправдане лише в деяких випадках (жировий гепатоз, розпал жовтушного періоду вірусного гепатиту і т. д.). В основному в даній дієті слід дотримуватися фізіологічної норми кількості жирів 70-80 г на добу, або 30 % від енергетичної цінності раціону. Позначимо r_{2j} – кількість жирів (в грамах) в 1 г продукту j -го виду, де $j \in J$. Враховуючи, що кількість енергії, яка отримана від окислення 1 г білка, рівна 9 ккал із вищесказаного слідує, що потрібно ввести або обмеження

$$0.033MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{2j} x_j \leq 0.033MK_2,$$

або мінімізацію критерію $\sum_{j=1}^n r_{2j} x_j$ і дане обмеження в залежності від стану хворого.

Дієта має містити достатню кількість вуглеводів: 300-330 г на добу, або 55 % енергетичної цінності раціону. Вони не тільки сприяють підтримуванию достатньої кількості глікогену в печінці, а й забезпечують енергетичні витрати. Крім того, при окисненні 1 г вуглеводу отримаємо 4 ккал. Таким чином, позначивши через r_{3j} – кількість вуглеводів (в грамах) в 1 г

продукту j -го виду, де $j \in J$, отримаємо наступне обмеження:

$$0.138MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{3j} x_j \leq 0.138MK_2.$$

Біологічна роль вітамінів і нерідкісний розвиток гіповітамінозу диктують необхідність збагачення дієти вітамінами. В печінці проходить активний обмін багатьох вітамінів, їх депонування і утворення багаточисельних ферментів.

Ретинол (вітамін А) сприяє накопиченню глікогену в печінці, бере участь в синтезі глікогену, кортикостероїдів, окисно-відновних реакцій. Накопичення ретинолу в печінці має значення для підтримання її нормальної функціональної діяльності. Разом з тим при багатьох захворюваннях печінки вміст ретинолу в ній і в крові значно знижений. Зважаючи на токсичну дію надлишкового вживання даного вітаміну, прийнято, що його регулярне вживання не повинне перевищувати 7500 мкг/добу [6].

Крім того, знижується вміст токоферолів та кальциферолів в крові і тканинах печінки через недостатнє їх засвоєння [2].

Тому доцільно ввести цільові функції для максимізації даних вітамінів:

$$\sum_{j=1}^n r_{4j} x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{5j} x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{6j} x_j,$$

та обмеження для деяких із них

$$\sum_{j=1}^n r_{4j} x_j \leq 7.4,$$

де r_{4j} , r_{5j} , r_{6j} – кількості ретинолу, філохінонів, токоферолів (в міліграмах) в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Також спостерігається тенденція до зниження вмісту аскорбінової кислоти в печінці при різних її ураженнях. Вона сприяє зниженню гіперхолестеринемії, синтезу глікогену в печінці, білірубіновиділенню, має виражену дезінтоксикаційну дію, підвищує захисні сили організму. Разом з тим є дані про те, що великі дози аскорбінової кислоти сприяють виведенню вітамінів групи В із організму і перешкоджають накопиченню ретинолу в печінці.

Отже, доцільно коригувати вміст аскорбінової кислоти в раціоні харчування і за допомогою критерію і обмеження, враховуючи при цьому, що його втрата при тепловій обробці становить 30 %:

$$\sum_{j=1}^n r_{7j} x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{7j} x_j \leq 91,$$

де r_{7j} – кількість вітаміну С (в міліграмах) в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Із вітаміну Р (біофлавоноїди) і аскорбінової кислоти в організмі утворюється біологічно

активна речовина, яка відіграє важливу роль в окисно-відновних реакціях в клітинах.

При багатьох захворюваннях печінки спостерігається збіднення організму тіаміном (вітамін B_1) і збільшується необхідність в ньому. Тіамін сприяє покращенню вуглеводного і пігментного обмінів.

Рибофлавін (вітамін B_2) при захворюваннях печінки сприяє відновленню білковоутворюючої функції печінки, нормалізації вмісту білірубину в крові і показників азотистого обміну.

Із вищесказаного випливає доцільність введення наступних критеріїв для максимізації:

$$\sum_{j=1}^n r_{8j}x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{9j}x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{10j}x_j,$$

причому коефіцієнти r_{8j}, r_{9j}, r_{10j} визначають масову частку (в міліграмах) вітамінів P, B_1, B_2 в 1 г продукту j -го виду, де $j \in J$.

Ніацин (вітамін PP) та ціанокобаламін (вітамін B_{12}) в основному концентруються в печінці, сприяючи нормалізації деяких її функцій (вуглеводній, антиоксичній) та накопиченню глікогену. Однак надлишкова кількість цих вітамінів приводить до ожиріння печінки.

Отже, кількість даних вітамінів в продуктах харчування слід корегувати, як за допомогою критеріїв, так і за допомогою обмежень. Позначимо r_{11j}, r_{12j} відповідно кількості ніацину та ціанокобаламіну (в міліграмах) в 1 г продукту j -го виду, де $j \in J$. Отримаємо:

$$\sum_{j=1}^n r_{11j}x_j \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n r_{12j}x_j \rightarrow \max,$$

$$\sum_{j=1}^n r_{11j}x_j \leq 22, \quad \sum_{j=1}^n r_{12j}x_j \leq 0,003.$$

Експериментально показано, що недостатнє надходження піридоксину (вітамін B_6) в організм веде до ожиріння печінки. Є дані про те, що при захворюваннях печінки піридоксин сприяє відновленню її білковосинтетичної, вуглеводної, антиоксичної і пігментної функцій, посилює процеси регенерації.

Фолацин (фолієва кислота або вітамін B_9) позитивно впливає на функціональний стан печінки і стимулює жовчовиділення.

Пангамова кислота (пангаман кальцію або вітамін B_{15}) стимулює регенераторні процеси в печінці, має сприятливий вплив на ліпідно-холестериновий обмін.

Отже, доцільно ввести наступні умови оптимізації виду:

$$\sum_{j=1}^n r_{13j}x_j \rightarrow \max, \quad \sum_{j=1}^n r_{14j}x_j \rightarrow \max,$$

$$\sum_{j=1}^n r_{15j}x_j \rightarrow \max,$$

причому коефіцієнтами $r_{13j}, r_{14j}, r_{15j}$ позначено масову частку (в міліграмах) вітамінів B_6, B_9, B_{15} в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Крім того, з дієти № 5 виключаються продукти із великим вмістом холестерину. Отже, доцільно додати ще критерій для його мінімізації, за даними ВООЗ рівень холестерину має бути в межах 0-300 мг/добу [6]:

$$\sum_{j=1}^n r_{16j}x_j, \quad \sum_{j=1}^n r_{16j}x_j \leq 300,$$

де через r_{16j} позначено масову частку (в міліграмах) холестерину в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Крім того, раціон харчування має містити достатню кількість інших мінеральних речовин (кальцій, фосфор, магній та ін.). Враховуючи, що в раціонах дорослого населення оптимальне співвідношення кальцію і фосфору 1:1, а кальцію і магнію 1:0,5, отримаємо обмеження виду:

$$800 \leq \sum_{j=1}^n b_{1j}x_j \leq 1200, \quad 800 \leq \sum_{j=1}^n b_{2j}x_j \leq 1200,$$

$$400 \leq \sum_{j=1}^n b_{3j}x_j \leq 500,$$

де b_{1j}, b_{2j}, b_{3j} – відповідно вміст (в міліграмах) кальцію, фосфору та магнію в 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Немаловажливим в наш час буде і критерій мінімізації вартості продуктів раціону:

$$\sum_{j=1}^n c_jx_j \rightarrow \min,$$

де c_j – ціна 1 г продукту j -го виду, $j \in J$.

Всі верхні та нижні межі в обмеженнях, які визначають множину допустимих розв'язків задачі, взяті із таблиці потреб дорослої людини в харчових речовинах і енергії, враховуючи сучасні вимоги нутриціології [3-6].

Заключення.

Таким чином, побудовано приклад моделі задачі дієтотерапії захворювань печінки та жовчогінних шляхів, яка описується як багато-критеріальна задача лінійного програмування із критеріальним простором „великої” розмірності наступного виду.

Простір критеріїв:

$$f_1: \sum_{j=1}^n r_{1j}^m x_j \rightarrow \max; \quad f_2: \sum_{j=1}^n r_{4j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_3: \sum_{j=1}^n r_{5j}x_j \rightarrow \max; \quad f_4: \sum_{j=1}^n r_{6j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_5: \sum_{j=1}^n r_{7j}x_j \rightarrow \max; \quad f_6: \sum_{j=1}^n r_{8j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_7: \sum_{j=1}^n r_{9j}x_j \rightarrow \max; \quad f_8: \sum_{j=1}^n r_{10j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_9: \sum_{j=1}^n r_{11j}x_j \rightarrow \max; \quad f_{10}: \sum_{j=1}^n r_{12j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_{11}: \sum_{j=1}^n r_{13j}x_j \rightarrow \max; \quad f_{12}: \sum_{j=1}^n r_{14j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_{13}: \sum_{j=1}^n r_{17j}x_j \rightarrow \max; \quad f_{14}: \sum_{j=1}^n r_{18j}x_j \rightarrow \max;$$

$$f_{15}: \sum_{j=1}^n r_{19j}x_j \rightarrow \max; \quad f_{16}: \sum_{j=1}^n r_{20j}x_j \rightarrow \min;$$

$$f_{17}: \sum_{j=1}^n c_jx_j \rightarrow \min .$$

Простір альтернатив:

$$MK_1 \leq \sum_{j=1}^n k_jx_j \leq MK_2;$$

$$0.0375MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{1j}x_j \leq 0.0375MK_2;$$

$$0.033MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{2j}x_j \leq 0.033MK_2;$$

$$0.138MK_1 \leq \sum_{j=1}^n r_{3j}x_j \leq 0.138MK_2; \quad \sum_{j=1}^n r_{4j}x_j \leq 7.4;$$

$$\sum_{j=1}^n r_{7j}x_j \leq 91; \quad \sum_{j=1}^n r_{11j}x_j \leq 22; \quad \sum_{j=1}^n r_{12j}x_j \leq 0,003;$$

$$\sum_{j=1}^n r_{16j}x_j \leq 300; \quad 800 \leq \sum_{j=1}^n b_{1j}x_j \leq 1200;$$

$$800 \leq \sum_{j=1}^n b_{2j}x_j \leq 1200; \quad 400 \leq \sum_{j=1}^n b_{3j}x_j \leq 500;$$

$$x_i \geq 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

Специфіка вищеозначених задач полягає в їх належності до класу задач із „великою” критеріальною розмірністю, які містять рівнозначні критерії [10].

Для їх розв’язання пропонується використати методику кластеризації критеріального простору на множини скупчення часткових критеріїв з подальшою згорткою і підбором вагових коефіцієнтів. Це дасть змогу виявити взаємозв’язки між критеріями, тобто виділити суперечливі та „сильно зв’язані” групи часткових критеріїв.

Загальний алгоритм розв’язання задач із „великою” критеріальною розмірністю:

Крок 1. Проводимо нормалізацію критеріїв.

Крок 2. Проводимо кластеризацію критеріального простору на основі алгоритмів, описаних в [7–9].

Крок 3. Визначаємо представників кластерів, провівши згортки критеріїв. Викорис-

товуємо при цьому різні види згорток для кожного кластеру [10].

Крок 4. Визначаємо вагові коефіцієнти утворених кластерів [10].

Крок 5. За допомогою побудови інтегрального суперкритерію представників кластерів зводимо багатокритеріальну задачу до однокритеріальної.

Вищеописаний алгоритм реалізовано у вигляді програмної процедури. Результати даного дослідження будуть опубліковані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А.М. Прохоров. 2-е изд. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 1600 с.
2. Губергриц А.Я., Линевский Ю.В. Лечебное питание: Справ, пособие. – 3-е изд. перераб. и доп. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 398 с.
3. Гігієна харчування з основами нутриціології: Підручник; У 2 кн. – Кн. 1 / Аністратенко Т.І., Білко Т.М., Благодарова О.В. та ін.; За ред. проф. Ципріяна В.І. – К.: Медицина, 2007. – 528 с.
4. Организация лечебного питания в ЛПУ. Доступно з http://tci.rusmed.ru/news.php?act=news_by_id&news_id=4
5. Смоляр В.І. Формування нової концепції харчування. Доступно з http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2004/n04_3_2.htm.
6. Смоляр В.І. Сучасне обґрунтування нормативів харчування. Доступно з http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2004/n04_3_2.htm.
7. Кондрук Н.Е., Маляр М.М. Алгоритм кластеризації критеріального простору для задач вибору // Вісник Київського університету. Серія: ф.–м. наук. – Вип. 3, Київ, 2006.
8. Маляр М.М., Цицика Н.Е. Алгоритм зменшення кількості критеріїв в багатокритеріальній задачі лінійного програмування // Вісник Київського університету. Серія ф.–м. наук, Вип. 2, Київ 2004. – С. 288–292.
9. Кондрук (Цицика) Н.Е., Маляр М.М. Кластеризація критеріїв ефективності у задачах вибору // Вісник Київського університету. Серія: ф.–м. наук, Вип. 3, Київ 2005. – С. 305–308.
10. Кондрук Н.Э., Маляр Н.Н. Некоторые применения кластеризации критериального пространства для задач выбора // Компьютерная математика. – 2009. – № 2. – С. 142–149.

Кондрук Н.Е., старший викладач кафедри кібернетики і прикладної математики математичного факультету Вищого державного закладу «Ужгородський національний університет».

Маляр М.М., к.т.н., доцент, декан математичного факультету Вищого державного закладу «Ужгородський національний університет».