

Р. В. ВЕРНИГОРА, В. В. МАЛАШКІН (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ КОЛІЙНОГО РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Наведено методику визначення основних кількісних та якісних показників, що характеризують конструкцію колійного розвитку станції. На основі методів теорії прийняття рішень розроблено математичну процедуру отримання порівняльного критерію для оцінки якості проекту.

Ключові слова: залізнична станція, колійний розвиток, орієнтований граф, прийняття рішення, аналіз ієрархій.

Приведена методика определения основных количественных и качественных показателей, характеризующих конструкцию путевого развития станции. На основе методов теории принятия решений разработана математическая процедура получения сравнительного критерия для оценки качества проекта.

Ключевые слова: железнодорожная станция, путевое развитие, ориентированный граф, принятие решений, анализ иерархий.

The methods for determination of the main quantitative and qualitative factors, which characterize the design of the railway station's scheme, are brought in article. Authors have developed a mathematical procedure of the determination of comparative criterion for project's estimation, which is based on the methods of the theory of decisions making.

Key words: railway station, scheme of ways, oriented graph, decision making, analysis of hierarchies.

Вступ

В сучасних умовах проекти будівництва нових або реконструкції існуючих залізничних станцій розробляються відповідно до Державних будівельних норм [1] та інших нормативних документів. На попередньому етапі конкурентні варіанти схем станцій розробляють, виходячи з розрахункових обсягів роботи і місцевих умов. Саме ці фактори у більшості випадків вирішальним чином впливають на вибір тієї або іншої схеми колійного розвитку. На підставі порівняння відібраних варіантів схем приймається остаточне рішення. При цьому оцінка варіантів здійснюється шляхом порівняння їх техніко-економічних показників, а основним критерієм оцінки є приведені експлуатаційні витрати. Наявність єдиного критерію при порівнянні схем часто призводить до неправильної оцінки того або іншого показника, який при певних обставинах може бути досить важливим. Ще одним недоліком існуючої практики оцінки та вибору проектних рішень є те, що якісним показникам у варіантах схем станцій надається дещо другорядне значення, і, як пра-

вило, вони враховуються скоріше інтуїтивно, ніж на основі об'єктивного аналізу.

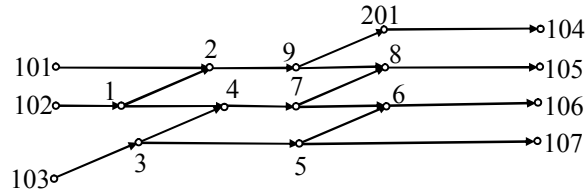
Сформувані множини варіантів схем станцій можливо з використанням системи структурно-параметричних моделей та методів автоматизованого синтезу колійного розвитку залізничних станцій [2]. Разом з тим, відсутність в даний час спеціалізованих автоматизованих систем підтримки прийняття проектних рішень суттєво зменшує кількість проектних варіантів, що можуть бути розглянуті, та знижує якість їх аналізу та об'єктивної кількісної оцінки.

У цьому зв'язку актуальною є задача розробки методики автоматизованої системної оцінки планів колійного розвитку станцій на основі порівняння комплексу їх конструктивних параметрів та якісних показників. Це дозволить значно скоротити час аналізу можливих варіантів проектних рішень і надасть можливість особі, що приймає рішення (ОПР), відібрати найкращі з них. Рішення вказаної задачі сприятиме збільшенню кількості варіантів, що розглядаються проектувальником, та підвищенню якості їх порівняльної оцінки. Ефективним математичним інструментом вирішення вказаної задачі є методи теорії прийняття рішень.

Визначення кількісних та якісних показників для схем станцій

Вихідними даними до задачі аналізу і оцінки схем станцій служать їх канонічні моделі у вигляді орієнтованих графів [2], доповнені координатами основних точок плану (КК – кінець колії, ЦП – центр стрілочного переходу, ВК –

вершина кута повороту), а також значеннями кутів повороту для ВК, отриманих на етапі автоматизованого проектування планів колійного розвитку станцій. Для прикладу, на рис. 1 наведені орієнтований граф $G=(V, E)$ горловини залізничної станції та її канонічна модель в ЕОМ.



N	NP	NB	S	T	X	Y
1	4	2	0	2	0	0
2	9	0	0	2	47.70	5.30
3	4	5	1	2	0.29	-5.30
4	7	0	0	2	47.99	0
5	107	6	0	2	91.24	-5.30
6	106	0	0	2	138.94	0
7	6	8	0	2	90.95	0
8	105	0	0	2	138.65	5.30
9	8	201	0	2	90.65	5.30

N	NP	X	Y
101	2	-50.00	5.30
102	1	-50.00	0
103	3	-64.53	-12.50
104	0	190.00	10.60
105	0	190.00	5.30
106	0	190.00	0
107	0	190.00	-5.30

N	NP	R	A	A'	A''	X	Y
201	104	200	6	20	25	138.35	10.60

Рис. 1. Орієнтований граф G горловини станції та її канонічна модель ЕОМ

Оцінка планів колійного розвитку залізничних станцій виконується з використанням комплексу показників, які дозволяють враховувати конструктивні параметри (загальна кількість стрілок, корисна та будівельна довжини та ін.), а також якісні особливості варіантів проектних рішень (максимальна кількість одночасних переміщень в горловині, кількість стрілок і сума кутів повороту на маршруті руху, кількість стрілочних переходів на головній колії тощо).

Найбільш складною та об'ємною є задача визначення повної та будівельної довжини станційних колій. Повна довжина колій $L_{пов}$ плану станції відповідає сумі довжин всіх дуг $e \in E$ орграфа G , тобто:

$$L_{пов} = \sum_{n=1}^d L_n, \quad (1)$$

де L_n – довжина n -ої дуги e_n орієнтованого графа;

d – загальна кількість дуг орграфа G .

Кожна дуга орієнтованого графу має початкову v та кінцеву u вершини, і для визначення її довжини використовується вираз:

$$L = \sqrt{(x_v - x_u)^2 + (y_v - y_u)^2}, \quad (2)$$

де x, y – координати вершини.

Дуги орієнтованого графу містяться в списку $E = \{g_1, g_2, \dots, g_k\}$, де k – кількість дуг в списку. Формування списку E виконується з використанням алгоритму пошуку всіх можливих простих шляхів, початкові v_i та кінцеві v_j вершини яких відповідають вершинам КК, тобто $v_i \in V^{ж}$ та $v_j \in V^{ж}$, $i \neq j$. При цьому вершини v_i не мають вхідних дуг, тобто $d^-(v_i) = 0$, а вершини v_j – вихідних ($d^+(v_j) = 0$) [2].

При обході орієнтованого графу перевіряється можливість побудови на ньому шляху від вершини v_i до вершини v_j . З цією метою для вершини v_i будується дерево маршрутів [3], де кожному вузлу відповідає певна вершина графа G . Перехід від вершини до вершини при формуванні дерева маршрутів здійснюється відповідно до їх зв'язків, починаючи з вершини v_i .

Процедура пошуку окремого простого шляху на графі G є рекурентною; при цьому для всіх вузлів дерева маршрутів перевіряється можливість побудови шляху від поточної вершини (вузла) до вершини v_j . Для вершин, які відповідають протишерстним стрілкам ($d^-(v) = 0$, $d^+(v) = 2$), перевіряється можливість досягнення вершини v_j у випадку їх встановлення як по прямому напрямку, так і з відхиленням набік.

В процесі пошуку простих шляхів на орграфі G при переході від вершин v_i до вершин v_{i+1} .

перевіряється наявність дуги $e_n=(v_i, v_{i+1})$ в списку **Е**. У випадку, якщо дана дуга в списку відсутня, то вона додається до нього ($g_k=e_n, k=k+1$), інакше дуга до списку не додається, а подальший пошук з вершини v_{i+1} припиняється. По закінченню формування списку **Е** виконується розрахунок $L_{пов}$ шляхом додавання довжин всіх дуг, включених до списку. При цьому, якщо серед цих дуг знаходяться суміжні з спільною вершиною $v_i \in V^C$ (ВК), то їх сумарна довжина ΣL коригується з використанням виразу:

$$\Sigma L = L_n + L_{n+1} - 2T + K, \quad (3)$$

де L_n, L_{n+1} – довжини суміжних дуг e_n та e_{n+1} ;

T – тангенс кривої спільної вершини ВК;

K – довжина кривої спільної вершини ВК.

Будівельна довжина станційних колій $L_{буд}$, на відміну від $L_{пов}$, не містить довжин стрілочних переводів і визначається за формулою:

$$L_{буд} = L_{пов} - \sum_{i=0}^m n_i \cdot l_{стр i}, \quad (4)$$

де n_i – кількість стрілочних переводів i -го типу;

$l_{стр i}$ – довжина стрілки i -го типу;

m – кількість типів стрілочних переводів.

Для визначення кількості стрілочних переводів, які використовуються в плані станції, достатньо підрахувати всі вершини $v_i \in V^S$ графа G .

Якісними показниками плану колійного розвитку станції є:

- найбільша кількість одночасних переміщень в горловині станції n_n ;
- розподіл кількості стрілок на одному маршруті руху $M[n_{сп}]$ і $\sigma[n_{сп}]$;
- розподіл суми кутів повороту стрілок на одному маршруті руху $M[\alpha_{сп}]$ і $\sigma[\alpha_{сп}]$;
- розподіл суми кутів повороту кривих на одному маршруті руху $M[\alpha_{кр}]$ і $\sigma[\alpha_{кр}]$;
- розподіл довжин маршрутів руху $M[l_{мр}]$ і $\sigma[l_{мр}]$;

Задачу пошуку найбільшої кількості одночасних переміщень в горловині станції n_n можна вирішити як задачу про максимальний потік на транспортній мережі. Рішення такої задачі полягає в знаходженні такого потоку на транспортній мережі, щоб сума потоків із джерела s в стік t була максимальною.

Перетворення вихідного орієнтованого гра-

фу станції G відбувається за рахунок додавання до нього двох вершини – джерела v_s і стоку v_t . Вершина v_s з'єднується дугами з вершинами $v_i \in V^W$, які відповідають початковим вершинам маршрутів руху, а v_t з'єднується дугами з вершинами $v_i \in V^W$ – кінцевими вершинами маршрутів руху. Формування списків початкових **В** та кінцевих **Г** вершин маршрутів руху виконує ОПР. Наприклад, для схеми стрілочної горловини, що представлена на рис. 1, початковими вершинами маршрутів руху є вершини 101, 102 і 103, а кінцевими – 104, 105, 106 і 107. При цьому модифікований оргграф G' цієї горловини станції буде мати вигляд, наведений на рис. 2.

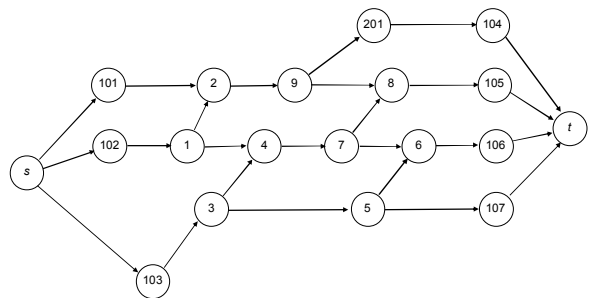


Рис. 2. Модифікований орієнтований граф G'

В процесі перетворення оргграфа G орієнтація дуг зберігається, що дозволяє виключити цикли на графі. Далі дугам графа G' присвоюється пропускна здатність $r=1$, що гарантує у процедурі пошуку максимального потоку використання кожної дуги лише один раз. Отримане значення максимального потоку p_{max} на графі G' буде відповідати найбільшій кількості одночасних пересувань n_n в горловині, тобто $n_n = p_{max}$.

Для визначення максимального потоку p_{max} на графі G' застосовується алгоритм Едмондса-Карпа [4]:

1) усім дугам транспортної мережі присвоїти нульовий потік $p_i=0, i=1, 2, \dots, z$, де z – загальна кількість дуг на мережі.

2) в залишковій транспортній мережі знайти найкоротший шлях з джерела v_s в стік v_t . Залишковою називається така мережа, яка містить тільки дуги з резервом пропускної здатності $h_i > 0, h_i = r_i - p_i$. Визначення шляху виконується за допомогою алгоритму пошуку в глибину [3]. Якщо такого шляху не знайдено, то рішення завершено.

3) через знайдений шлях пропустити макси-

мально можливий потік. Для цього на ньому визначити дугу з мінімальним резервом пропускної здатності h_{\min} . Далі потік p_i кожної дуги знайденого шляху необхідно збільшити на h_{\min} , тобто $p_i = p_i + h_{\min}$. В процесі модифікації залишкової мережі дуги, для яких $h_i = 0$ з мережі виключаються.

4) якщо $h_i \neq 0$, то необхідно збільшити p_{\max} на h_{\min} , тобто $p_{\max} = p_{\max} + h_{\min}$. Перейти до кроку 2.

Для прикладу, найбільша кількість одночасних переміщень в горловині станції, яка наведена на рис. 1, складає $n_{\Pi} = 3$.

Якісні показники, такі як кількість стрілок $n_{\text{сп}}$, сума кутів повороту стрілок $\alpha_{\text{сп}}$ та кривих $\alpha_{\text{кр}}$ на одному маршруті є дуже важливими, оскільки їх значення впливають на експлуатаційні витрати по варіанту проектного рішення схеми, що пов'язані із зношуванням верхньої будови колії. Очевидно, що між якісними показниками і експлуатаційними витратами існує прямий пропорційний зв'язок – при збільшенні значень показників збільшуються експлуатаційні витрати на утримання стрілочних переводів і верхньої будови станційних колій.

Значення показників $n_{\text{сп}}$, $\alpha_{\text{сп}}$ та $\alpha_{\text{кр}}$ визначається у два етапи. На першому етапі формується список **M** всіх можливих маршрутів на схемі станції між початковими вершинами списку **V** і кінцевими вершинами списку **F**. Вказана процедура використовує алгоритм пошуку шляху в глибину [3]. Кожен маршрут списку **M** представлений структурою

$$M_i = \{I_m, v_{\Pi}, v_{\text{к}}, \mathbf{V}\}, \quad i = 1, 2, \dots, n_m, \quad (5)$$

де I_m – ідентифікатор маршруту;

v_{Π} , $v_{\text{к}}$ – початкова та кінцева вершини маршруту;

V – список номерів N_j вершин, включених до маршруту;

n_m – загальні кількість маршрутів в списку **M**.

Необхідно зауважити, що при формуванні списку **V**, для вершин $v_j \in V^{\text{д}}$ (ЦП), що встановлені з відхиленням набік, номер N_j позначається знаком «-». Так, в результаті пошуку всіх можливих маршрутів руху між початковими вершинами 101, 102 та 103 і кінцевим – 104, 105, 106 та 107 на схемі горловини (див. рис. 1) буде отриманий список маршрутів **M**, що представлений на рис. 3.

ідентифікатор маршруту I_m	початкова вершина v_{Π}	кінцева вершина $v_{\text{к}}$	список проміжних вершин маршруту V
1	101	104	2, -9, 201
2	101	105	2, 9, 8
3	102	104	-1, -2, -9, 201
4	102	105	1, 4, -7, -8
5	102	105	-1, -2, 9, 8
6	102	106	1, 4, 7, 6
7	103	105	3, -4, -7, -8
8	103	106	3, -4, 7, 6
9	103	106	-3, -5, -6

Рис. 3. Список можливих маршрутів **M**

На другому етапі виконується аналіз вершин списку **V** знайдених маршрутів $M_i \in \mathbf{M}$ та розрахунок числових характеристик (математичне очікування, середнє квадратичне відхилення) випадкових величин $n_{\text{сп}}$, $\alpha_{\text{сп}}$ та $\alpha_{\text{кр}}$ [5]

$$M[x] = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \sigma[x] = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M[x])^2}{n}, \quad (6)$$

де $M[x]$, $\sigma[x]$ – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення випадкової величини x ; n – обсяг вибірки.

Значення $n_{\text{сп}}$ для кожного маршруту визначається підрахунком кількості вершин в списку **V**, для яких $|N_j| \in [1; 99]$. Сума кутів повороту стрілочних переводів $\alpha_{\text{сп}}$ на маршруті руху визначається сумуванням стрілочних кутів α_j для вершин списку **V** з $N_j < 0$. При цьому значення α_j залежить від типу стрілочного переводу S . Сума кутів повороту кривих $\alpha_{\text{кр}}$ на маршруті руху визначається сумуванням кутів φ_j для вершин списку **V** з $|N_j| \in [201; 299]$.

Конструкція колійного розвитку станції або її окремої горловини повинна забезпечувати мінімальний пробіг рухомого складу по заданому маршруту руху. Для оцінки якості конструкції горловини або станційного парку використовують показники $M[l_{\text{мр}}]$ і $\sigma[l_{\text{мр}}]$. Значення довжини $l_{\text{мр}}$ маршруту M_i визначається за допомогою параметрів v_{Π} , $v_{\text{к}}$ і **V**. При цьому відстань між v_{Π} та $v_{\text{к}}$ відповідає сумі відстаней між їх проміжними вершинами. Відстань між суміжними вершинами визначається за допомогою виразу (2).

На заключному етапі процесу проектування нової або реконструкції існуючої станції буде отримана множина проектних рішень $\Theta = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k\}$, де кожне рішення γ_b характеризується набором критеріїв Ψ_d , тобто

$\gamma_b = f(\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_m)$. При значній кількості k проектних рішень γ_b постає складна задача відбору кращих (конкурентоспроможних) варіантів з усієї сукупності, тобто формування деякої множини оптимальних (найбільш раціональних) параметрів $\Theta^* = \{\gamma_1^*, \gamma_2^*, \dots, \gamma_k^*\}$. Як правило, вказану процедуру виконує ОПР, спираючись на власний досвід. Але при цьому отриманому результату часто властивий певний суб'єктивізм. Для отримання об'єктивної оцінки проектних рішень та з метою прискорення процедури відбору конкурентоспроможних варіантів авторами розроблено спеціальну математичну процедуру, яка базується на принципах теорії прийняття рішень та методах аналізу ієрархій [6, 7].

Метод аналізу ієрархій для оцінки планів залізничних станцій

Метод аналізу ієрархій (МАІ) запропонований американським математиком Т. Сааті [7] і призначений для рішення багатокритеріальних задач з кінцевою множиною можливих векторів. Його застосування засноване на експертній інформації про відносну важливість критеріїв у вигляді матриці парних порівнянь.

Відбір кращих варіантів проектних рішень γ_q у відповідності до МАІ передбачає виконання наступних етапів:

- 1) структурування проблеми вибору у вигляді ієрархії «мета \rightarrow критерії \rightarrow альтернативи» (рис. 4);
- 2) побудова множини матриць парних порівнянь критеріїв \bar{A} ;
- 3) визначення нормованих коефіцієнтів важливості критеріїв K_i ;
- 4) розрахунок комплексного вагового коефіцієнту ω_i та відбір кращої альтернативи.

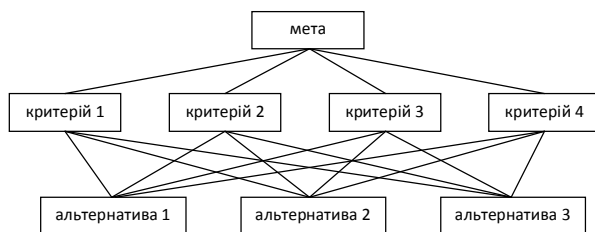


Рис. 4. Ієрархія МАІ

Основним елементом для представлення рівня взаємовпливу критеріїв у МАІ є матриця

парних порівнянь [6]

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

де a_{ij} – число, яке показує у скільки разів вага критерію A_i більше ваги критерію A_j .

Існує декілька методів формування матриці парних порівнянь:

- оціночний метод, який базується на використанні статистичних спостережень [8];
- метод експертних оцінок, в якому ОПР за допомогою встановленої бальної шкали оцінює важливість критеріїв [9];
- параметричний метод, який базується на припущенні, що ОПР може вказати єдине серед трьох лінгвістичних значень критерію, яке йому відповідає [10].

З урахуванням того, що значення кожного критерію ψ_d відомі заздалегідь до процедури відбору кращого рішення γ_b , найбільш прийнятним є метод рангових оцінок, запропонований Ротштейном А. П. [11].

Матриця парних порівнянь у відповідності до МАІ повинна відповідати наступним вимогам:

- 1) усі елементи матриці парних порівнянь \bar{A} невід'ємні, а її діагональні елементи дорівнюють одиниці, тобто $a_{ij} > 0$, $a_{ii} = 1$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;
- 2) Матриця парних порівнянь зворотно симетрична, тобто $a_{ij} = 1/a_{ji}$ для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;
- 3) матриця парних порівнянь сумісна, тобто рівності $a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj}$ мають місце для всіх номерів $i, j = 1, 2, \dots, n$;
- 4) ваговий вектор $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ є власним вектором, який відповідає максимальному власному значенню λ_{\max} матриці \bar{A} .

Для виявлення суперечливості результатів, які отримані при формуванні матриці парних порівнянь, використовується кількісна оцінка – індекс погодженості I . Індекс погодженості – кількісна оцінка суперечливості результатів порівнянь, який надає інформацію про ступінь порушення погодженості:

$$I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}. \quad (8)$$

Індекс погодженості I порівнюється з індек-

сом I^* , який було отримано Т. Саати [7] випадковим чином по шкалі від 1 до 9 зворотно симетричної матриці з відповідними зворотними величинами елементів. Середній показник I^* наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Значення середнього показника I^* в залежності від розміру n матриці порівнянь

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I^*	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,4	1,45	1,49

Значення відношення $(I/I^*) \leq 0,1$ вважається припустимим. В протилежному випадку потрібно перебудувати матрицю порівнянь іншим методом.

Нормований коефіцієнт важливості критеріїв K_i визначається як

$$K_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{-n}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{-n}} \quad (9)$$

Власне значення матриці λ_{\max} визначається за допомогою виразу

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot K_j \quad (10)$$

Процес визначення глобальних пріоритетів для альтернативи i можна інтерпретувати як величину корисності β_j

$$\beta_j = \sum_{j=1}^n K_j \cdot k_{ij}, \quad i=1,2,\dots,n, \quad (11)$$

де k_{ij} – відносна значимість альтернативи j з урахуванням значимості критерію i .

Таким чином, глобальний пріоритет визначається як сума приватних пріоритетів. Визначені глобальні пріоритети являють собою ваги відносно цільових критеріїв. Вони характеризують альтернативи, які враховуються на нижчому рівні, по оцінці ОПР і сприяють досягненню головної мети.

Застосування розробленої методики відбору найкращих альтернатив серед можливих у сукупності з системою автоматизованого синтезу

планів колійного розвитку залізничних станцій дозволяє значно скоротити час на пошук конкурентоспроможних варіантів проектних рішень та підвищити якість отриманих результатів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту залізничної колії 1520 мм [Текст]: норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 126 с.
- Бобровский, В. И. Модели, методы и алгоритмы автоматизированного проектирования железнодорожных станций [Текст]: монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин. – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2010. – 156 с.
- Кристофидис, Н. Теория графов. Алгоритмический подход [Текст] / Н. Кристофидис. – М.: Мир, 1978.
- Кормен, Т. Алгоритмы [Текст]: построение и анализ / Т. Кормен. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.
- Шторм, Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества [Текст] / Р. Шторм. – М.: Мир, 1970. – 368 с.
- Ногин, В. Принятие решений при многих критериях [Текст]: уч.-метод. пособие / В. Ногин. – СПб.: Издательство «ЮТАС», 2007. – 104 с.
- Саати, Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
- Сваровский, С. Т. Аппроксимация функций принадлежности значений лингвистической переменной [Текст] / С. Т. Сваровский // Математические вопросы анализа данных. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1980. – С. 127-131.
- Борисов, А. Н. Принятие решения на основе нечетких моделей [Текст]: примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров. – Рига: Знание, 1990. – 184 с.
- Кузьмин, В. Б. Параметрическое отношение лингвистических значений переменных и ограниченный [Текст] / В. Б. Кузьмин // Модели выбора альтернатив в нечеткой среде. – Рига, 1980. – С.75-76.
- Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации [Текст] / А. П. Ротштейн– Винница: «Универсум-Винница», 1999 – 320 с.

Надійшла до редколегії 25.07.2012.

Прийнята до друку 26.07.2012.