УДК 658.152:69.057

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ БУДІВНИЦТВОМ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Безух А.С., асп
Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ

Постановка проблеми. Виконанню БМР на об'єктах повинен передувати комплекс заходів і робіт з підготовки будівельного виробництва будівельною організацією, які забезпечують можливість здійснення будівництва у відповідності з умовами підлеглих контрактів і взаємозв'язану діяльність усіх його учасників [1]. Останніми роками безперервно розробляються нові методи пошуку оптимальних рішень [2, 5-6] та широкого поширення набувають методи еволюційного моделювання та теорії нечітких множин [3, 4], як основні складові, що чинять істотний вплив на ефективність рішень, що приймаються.

Метою даної роботи є розробка застосування синтезу теорії нечітких оцінок та нечітких множин у моделях планування будівельних проектів.

Основний матеріал. При плануванні будівельного проекту поширеною є проблемна ситуація, коли необхідно призначити виконавців для виконання певної множини будівельно-монтажних робіт, які в сукупності є проектом, забезпечивши найкращі значення критеріїв оптимальності рішення. Початковими даними при цьому є відомі трудовитрати виконання завдань виконавцями, робочий графік виконавців, залежності завдань один від одного. Запропоновані еволюційно-генетичні алгоритми, для генерування календарних планів робіт за проектом [1] в умовах обмеженої інформації необхідно розглядати з нечіткими вихідними даними, що суттєво ускладнює їх роботу.

У зв'язку з тим, що один і той же виконавець задіяний у виконанні множини БМР в ході будівельного проекту, зміна тривалості виконання однієї роботи може впливати не лише на час початку виконання інших завдань, але і на тривалість їх виконання, оскільки буде потрібна заміна призначених на них виконавців. Це означає, нечіткість трудовитрат виконавців при виконанні БМР, і як наслідок, нечіткість тривалості виконання завдань збільшує міру невизначеності проблеми, що вирішується. Значення трудовитрат задаються у вигляді нечітких чисел Гауса. Нечітке число $НЧ_Г$ називається Гаусовим, якщо його функція приналежності визначається наступним виразом:

$$\ddot{I}_{\acute{I}\times\tilde{A}}(\pi)=e^{-\frac{(\pi-\ddot{I}_{\max})^2}{\delta^2}},\ \ \pi\in R,\ \delta>0. \qquad (1)$$

Параметр $П_{max}$ визначає точку максимуму функції приналежності, що описує міру нечіткості числа, значення $П_{max} \pm \delta$ є точками перегину графіка функції приналежності. Операція складання для гаусових чисел проводиться таким чином: нехай число $НЧ_Г$ задається параметрами ($нч$, δ), а число $КНЧ_Г$

— параметрами ($нч^L$, ϕ). Тоді сумою $НЧ_Г$ + $КНЧ_Г$ буде нечітке число Гауса з параметрами ($нч + нч^L$, $\delta + \phi$). Відстань між цими нечіткими числами $НЧ_Г$ і $КНЧ_Г$ визначається за наступною формулою:

$$d^2(\text{Í×}_{\tilde{A}};\text{ÊÍ×}_{\tilde{A}}) = (\text{í÷} - \text{í÷}^{L})^2 + (\delta - \phi)^2/2 \tag{2}$$

На практиці міра нечіткості трудовитрат залежить від типу роботи, виконавця, що призначається та інших чинників.

Для роботи еволюційних методів, що можна використовувати при плануванні проекту необхідно визначити тривалість роботи за проектом у вигляді нечіткого числа Гауса та бінарну операцію на нечітких числах, що виконує вибір найкращого рішення. Відповідно до способу представлення нечітких даних визначаються бінарні операції складання і вибору одного з двох нечітких чисел, що використовуються в моделі.

План робіт над проектом можна представити у вигляді орієнтованого ациклічного графа, вершини якого означають початок і закінчення робіт над завданнями проекту при цьому існує дві фіктивні вершини, що відповідають початку та закінченню будівельного проекту.

Дуги графа можуть бути двох видів: дуга, що визначає виконання завдання (напрям дуги - від вершини початку завдання до вершини її закінчення, вага дуги - це довжина виконання завдання); дуга, що означає залежність завдань (напрям дуги - від вершини закінчення завдання до вершини початку залежного від неї завдання, вага дуги - тривалість простою між виконанням завдань).

Вершини початку завдань, які не залежать від інших, з'єднуються з вершиною початку проекту дугами 2-го виду. Їх вага дорівнює тривалості затримки від початку проекту до старту виконання завдання. Вершини закінчення завдань, від яких не залежать інші, з'єднуються з вершиною закінчення проекту дугами 2-го виду з нульовою вагою.

Щоб отримати тривалість роботи над проектом досить знайти довжину критичного шляху в описаному графові. Далі приводиться алгоритмічний етап знаходження критичного шляху, який враховує специфіку орієнтованого графа.

Нехай вершини пронумеровані так, що дуга (ξ_i, ξ_j) завжди орієнтована від вершини ξ_i до вершини ξ_j, що має більший номер, як показано на рис. 2. Для ациклічного графа така нумерація завжди можлива і отримується використовуючи будь-який із існуючих методик. При цьому початкова вершина отримує номер 1 а кінцева - номер n.

Присвоюючи вершині ξ_j позначку $\psi(\xi_j)$, рівну довжині щонайдовшого шляху від 1 до ξ_j, використовуємо для цього співвідношення:

$$\psi(\xi_j) = \max_{\xi_i \in U^-(\xi_j)} [\psi(\xi_i) + \nu_{ij}], \tag{3}$$

де ν_{ij} - вага дуги від вершини ξ_i до ξ_j, $U^-(\xi_j)$ - множина дуг, що передують ξ_j.

Потім, знову застосовуючи вираз (3), призначається позначка вершині ($\xi_j + 1$), і так до тих пір, поки остання вершина n не отримає позначку $\psi(\xi_n)$

при як і в класичних алгоритмах, що використовують позначки вершин $\psi(\xi_1)=0$. Якщо вершина ξ_j має позначку, то позначки $\psi(\xi_i)$ відомі для усіх вершин $\xi_i \in U^{-}(\xi_i)$, оскільки відповідно до способу нумерації це означає, що $\xi_i < \xi_j$ і таким чином, що вершини ξ_i вже помічені в процесі застосування алгоритму.

Позначка $\psi(\xi_n)$ дорівнює довжині щонайдовшого шляху від 1 до n. Самі дуги, що утворюють шлях, можуть бути знайдені звичайним способом послідовного повернення. А саме дуга (ξ_i, ξ_j) належить шляху тоді і тільки тоді, коли $\psi(\xi_j)=\psi(\xi_i)+v_{ij}$. Починаючи з вершини ξ_j рівною n, вважаємо на кожному кроці ξ_j рівній такій вершині ξ_i (скажімо, ξ_i*), для якої виконується остання рівність, і так продовжуємо до тих пір, поки не буде досягнута початкова вершина (тобто доки не буде ξ_i* = 1). У математичної моделі використовуються дві операції: складання ваги дуг і порівняння (для знаходження максимуму).

Перший підхід застосування цього алгоритму полягає в знаходженні критичного шляху, при роботі з чіткими числами, тобто використовуючи складову *нч* нечітких чисел. Потім по знайденому шляху за допомогою описаної вище операції складання чисел Гауса обчислюється нечітка довжина роботи над проектом.

У другому підході критичний шлях шукається із застосуванням нечіткої операції складання і операції вибору, визначеної на нечітких числах. Перший підхід вимагає менше обчислювальних ресурсів в порівнянні з другим, але здатний привести до неточної оцінки тривалості роботи над проектом.

Для пошуку критичного шляху нечіткого графа і відбору рішень в генетичному алгоритмі необхідно визначити операцію, яка виконує вибір "найбільшого" з двох нечітких чисел Гауса. Для цього не потрібно буде створювати нечітке бінарне відношення переваги, оскільки треба однозначно вибрати нечітке число, а нечітке відношення такого вибору не забезпечує. Розглянемо величину:

$$R(\pi)=\frac{\int_{\pi}^{\infty}\ddot{I}_{\acute{I}\times}(\omega)d\omega}{\int_{-\infty}^{\infty}\ddot{I}_{\acute{I}\times}(\omega)d\omega}, \tag{4}$$

де $\ddot{I}_{\acute{I}\times}(\omega)=e^{-\frac{(\omega-\varpi)^2}{\theta^2}}$.

Цю величину можна інтерпретувати як вірогідність того, що число $\ddot{I}_{\acute{I}\times}$ реалізується в чітке значення більше або рівне π. Введена величина $R(\pi)$ дорівнює відношенню площі, обмеженої ліворуч числом χ, знизу віссю абсцис і згори функцією приналежності $\ddot{I}_{\acute{I}\times}(\omega)$, до площі усієї області, що визначається віссю абсцис і функцією приналежності (рис. 1).

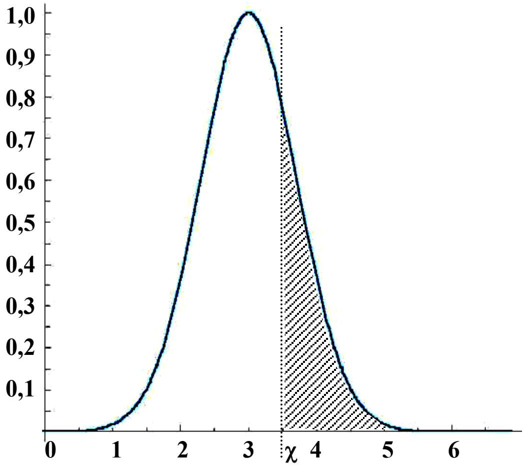

Рис. 1. Геометричний сенс величини $R(\chi)$.

Інтеграли, необхідні для обчислення $R(\chi)$, обчислюються шляхом зведення їх до відомої функції Лапласа:

$$FL(\chi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\chi} \exp\frac{-\tau^2}{2} d\tau \tag{5}$$

За допомогою заміни відношення $\frac{\tau}{\sqrt{2}} = \frac{\omega - \varpi}{\theta}$ для $\ddot{I}_{Í\times}(\omega)$ перетвориться до виду:

$$R(\chi) == \frac{\int_0^{\infty} e^{-\frac{\tau^2}{2}} d\tau - \int_0^{\frac{\sqrt{2}(\chi-\varpi)}{\theta}} e^{-\frac{\tau^2}{2}} d\tau}{\int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{\tau^2}{2}} d\tau} = \frac{1}{2} - FL\left(\frac{\sqrt{2}(\chi - \varpi)}{\theta}\right)$$

В результаті вірогідність того, що реалізація нечіткого числа Гауса буде більше або рівна χ, рівна:

$$\frac{1}{2} - FL\left(\frac{\sqrt{2}(\chi - \varpi)}{\theta}\right), \text{ якщо } \chi \geq \varpi, \tag{6}$$

$$\frac{1}{2}+FL\left(\frac{\sqrt{2}(\chi-\varpi)}{\theta}\right), \text{ якщо } \chi<\varpi. \qquad (7)$$

Функція $R(\chi)$ є такою, що безперервно-диференціюєма та така, що убуває:

$$R(\varpi)=\frac{1}{2},\ \lim_{\chi\to-\infty}R(\chi)=1,\ \lim_{\chi\to+\infty}R(\chi)=0 \qquad (8)$$

Проблема вибору з двох нечітких чисел, що означають тривалість виконання одного завдання (чи проекту цілком), вирішується на основі логіки, якою часто користується керівник проекту (експерт). Перше завдання вважається менш прийнятним, чим друге, якщо існує певна вірогідність того, що перше завдання матиме більшу тривалість виконання.

Висновок. Застосування синтезу теорії нечітких оцінок та нечітких множин дозволяє якісно розширити об'єм та рівень вихідної інформації алгоритмів генерації можливих альтернатив розвитку операційної діяльності та окремих проектів будівельної організації, зокрема, календарних планів виконання робіт, ресурсних поставок тощо, що забезпечує надходження вихідних даних щодо раціональних варіантів їх здійснення та відповідного розвитку ситуації та є науково-теоретичним підґрунтям для подальшої розробки систем організаційно-інформаційного забезпечення будівельної діяльності та впровадження у практику ведення робіт організацій будівельної галузі.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРИ

1. Лагутін Г.В. Інноваційна адаптація моделей організації будівництва до потреб діяльності будівельних освітньо-інжинірингових груп // Міжвідомчий наук.-техн. збірник «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – К.: КНУБА, 2008. – Вип.80. – С.418-424.
2. Тугай О.А. Формування інформаційно-аналітичного підґрунтя врахування стохастичних факторів при організації і будівництва та шляхи подолання відмов організаційних систем / О. А. Тугай // Науково-технічний журнал «Техніка будівництва». - К: КНУБА, 2007. - Вип. 20. - С.97-104.
3. Тугай О.А. Визначення інвестиційної та інноваційної привабливості будівельного проекту з використанням процедури нечіткого аналізу параметрів / О.А.Тугай // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Міжвідомчий наук.-техн. зб.. – К.: КНУБА, 2007.– Вип.78. – С. 330-333.
4. Ушацький С.А. Вибір пріоритетів щодо об’єктів інвестиційного процесу в умовах недостатньої інформаційної визначеності / С.А. Ушацький, В.О. Поколенко // Зб. наук. праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин в Україні». – К.: КНУБА, 1998. – С. 34-43.