

УДК 624.131.2;69:002

*П.Є. Григоровський к.т.н.; Ю.В. Дейнека;
Л.О. Косолап, НДІБВ*

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ*

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається приклад застосування інформаційної експертної системи для вибору засобів виконання геодезичних робіт. Наводиться зовнішній вигляд інтерфейсу експертної системи та принципи врахування факторів впливу на вибір. Представлено результати застосування експертної системи для вибору засобів геодезичного забезпечення.

Ключові слова: геодезичне забезпечення, вибір засобів виконання геодезичних робіт, інформаційна експертна система.

На сучасному рівні розвитку інформаційних технологій, при зростанні об'єму інформації в галузі геодезичного забезпечення, складності і прецизійності будівельних об'єктів, постійного розширення засобів і методів геодезичних вимірювань постає проблема систематизації наукового і практичного знання про вибір засобів і методів геодезичного забезпечення та прийняття рішення на новий методологічний і технологічний інформацій-

ній основі. Одним із рішень цієї проблеми є інформаційна експертна система, яка може забезпечити активний і науково-обґрунтований вибір засобів і методів геодезичного забезпечення з метою виконання робіт в мінімальні терміни з достатньою точністю та при мінімальних витратах коштів і достатній якості виконання будівельних робіт. При цьому можуть бути враховані і інші критерії, які звичайно ігноруються (екологічні, ергономічні, природні та інші).

У статтях [1, 2] зроблена спроба розглянути питання організації геодезичних робіт та вибору засобів і методів їх виконання з точки зору забезпечення мінімальних термінів виконання робіт, вартості, якості виконання будівельних робіт при забезпеченні їх проектною точністю. У них розглядався вибір засобів і методів геодезичного забезпечення з застосуванням експертної системи, що використовує елементи нечіткої логіки, на прикладі виконання геодезичних робіт при монтажі металлоконструкцій на реконструкції стадіону "Олімпійський" у місті Києві.

У НДІБВ зроблена спроба розробки програмного забезпечення такої експертної системи, яку було використано для вибору засобів геодезичного забезпечення для монтажу металевих конструкцій даху в період реконструкції НСК "Олімпійський". В основу розробки інформаційної експертної системи покладено її структурно-функціональну схему (рисунок 1).

Структурно-функціональна схема інформаційної експертної системи вибору засобів геодезичного забезпечення включає базу знань, інтерфейс ко-

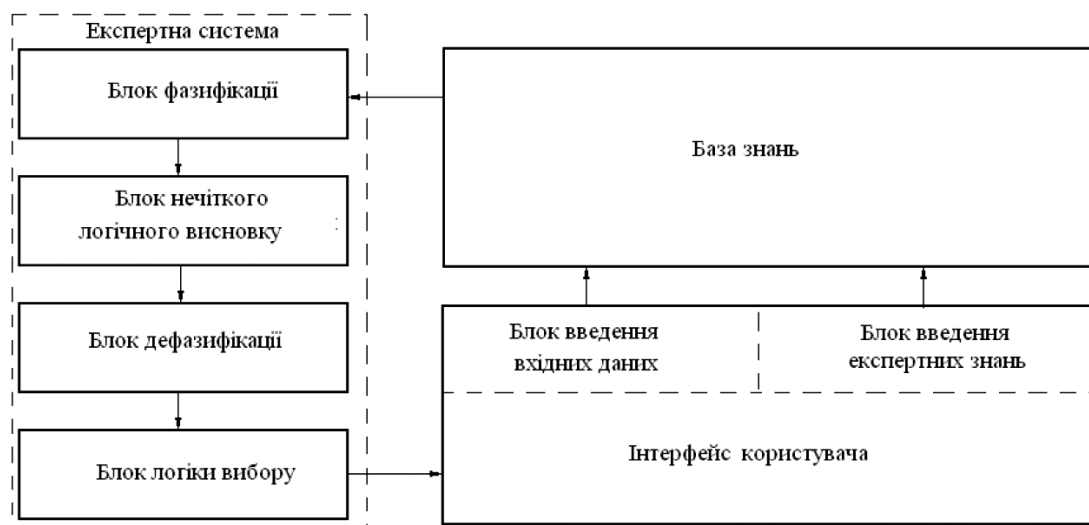


Рисунок 1. Структурна схема інформаційно-експертної системи

* Кольоровий рисунок 4 до статті див. на стор. 49

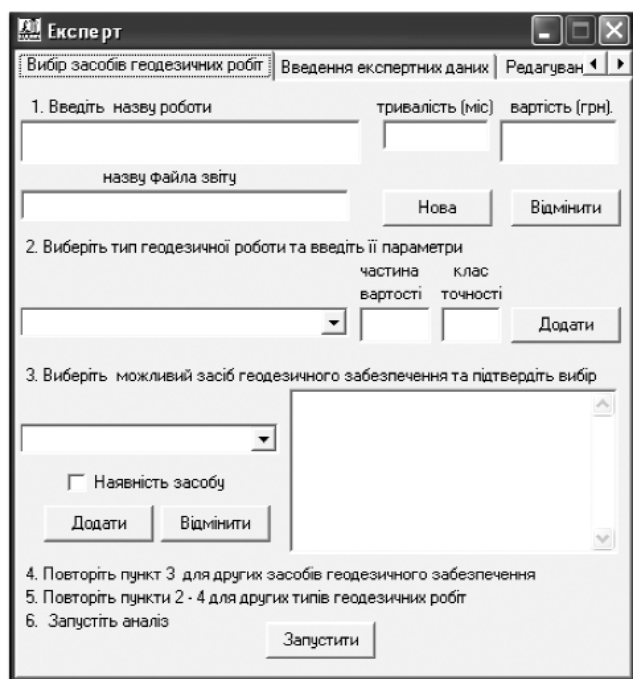


Рисунок 2. Інтерфейс експертної системи

ристувача та експертну систему. Оскільки не всі критерії можуть бути визначені чіткими значеннями і висновки експертів не завжди чіткі, то експертна система використовує елементи нечіткої логіки [3, 4].

База знань експертної системи включає:

- інформацію про засоби виконання всіх видів геодезичних робіт (точність, вартість та інші);
- інформацію про всі фактори впливу на вибір засобів виконання геодезичних робіт (точність, вартість, трудомісткість, кількість допоміжного персоналу, ергономічність, час проведення робіт та інші):

- експертні критерії оцінки факторів впливу на вибір засобу геодезичного контролю.

Ця інформація і складає бібліотеку експертних знань — базу знань. А експертна система проводить фазифікацію — визначення ступеня належності — величини, що характеризує відповідність засобу поставленому завданню.

Блок нечіткого логічного висновку одержує інформацію у вигляді нечіткої множини. Блок дефазифікації здійснює процес перетворення нечітких висновків експертної системи в чіткі значення.

Алгоритм прийняття рішення базується на понятті ступеня істинності. Ступінь істинності в даному випадку — це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу геодезичних робіт кожному засобу кожної геодезичної роботи.

Інтерфейс користувача дозволяє вибрати геодезичні роботи, що потрібні для будівництва, вхідні дані про них (потрібна точність, вартість геодезичних робіт, наявність засобів геодезичного забезпечення) та деякі інші параметри. Інтерфейс керує процесом роботи експертної системи і виводить результати для індикації або друку.

У разі необхідності інтерфейс дає можливість ввести новий засіб виконання робіт та його параметри, щоб у подальшому він використовувався поряд з іншими в експертній системі.

Експертна система на основі введених даних та експертних оцінок факторів впливу приймає рішення про вибір засобу геодезичного забезпечення для кожної геодезичної роботи окремо, а потім приймає рішення про вибір одного або декількох засобів для виконання всієї роботи.

Вид інтерфейсу розробленої експертної системи наведено на рисунку 2.

База знань цієї системи побудована на основі аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних вчених-геодезистів [5-9] та інших. Вона містить експертні оцінки всіх факторів впливу, за винятком точності та вартості.

Фактори впливу — це основні фактори, що впливають на вибір засобів виконання геодезичних робіт. Оскільки вплив цих факторів є не дуже чітким, рішення залежать від технологічних, технічних, метрологічних критеріїв, від суб'єктивного підходу виконавців робіт і навіть від природних факторів, у яких виконуються геодезичні роботи. Вони визначаються з досвіду та опитуванням експертів — спеціалістів в галузі геодезії. У цій експертній системі вибрані такі фактори впливу:

- точність робіт;
- затрати часу на виконання роботи, продуктивність праці;
- вартість засобів;
- кількість геодезистів та допоміжного персоналу, вартість робіт;
- зручність використання, ергономічність;
- придатність роботи в різних кліматичних умовах (день — ніч, літо — зима);
- вага та габарити.

Чітких критеріїв для вибору засобів геодезичного забезпечення в залежності від факторів впливу не існує. Це можна визначити тільки на основі експертних висновків професійних геодезистів. Рішення про той чи інший вибір приймається експертною системою на основі оцінок експертів.

Оцінка фактора впливу точності виконується при аналізі з врахуванням потрібної точності виконання геодезичної роботи. При невідповідності точності засобу він виключається з подальшого розгляду. Оцінка фактора впливу вартості приймається з врахуванням наявності приладу у виконавця робіт та вартості роботи, якщо засіб відсутній. Оцінка фактора впливу продуктивності характеризує термін виконання роботи при використанні даного засобу та продуктивність роботи. Оцінка фактора впливу обслуговування характеризує зручність користування засобом, потрібність допоміжного персоналу та його чисельність. Фактор впливу ергономічності характеризує його зовнішній вигляд, можливість проведення розрахунків вбудованими спеціалізованими калькуляторами тощо. Фактор впливу кліматичних умов характеризує можливість роботи в різних кліматичних умовах, вдень та вночі. Фактор впливу ваги та розмірів характеризує геометричні фактори засобу.

Для врахування ступеня важливості факторів впливу на кінцевий результат було введено фактор важливості, який також вибирається за експертними даними.

База знань даної експертної системи включає тільки геодезичні роботи, які виконуються при монтажі металевих конструкцій і включає досить обмежений перелік, що містить роботи із визначення позначок висот, вертикального проектування, кутових та лінійних геометричних вимірювань.

При аналізі експертна система формує для кожного фактора впливу нечітку множину (фазифікація)

$$A_m = \{\mu A(x_1)/x_1; \mu A(x_2)/x_2; \dots; \mu A(x_n)/x_n\},$$

де A_m — нечітка множина, що характеризує фактор, m ;

$\mu A(x_n)$ — приведений ступінь належності цього фактора для засобу геодезичного забезпечення x_n .

Приведений ступінь належності μ (далі — просто ступінь належності) — це результат множення ступеня належності на ступінь важливості, причому ці значення можуть бути різними для різних геодезичних робіт та різних засобів геодезичних робіт.

Значення істинності для кожного засобу (дефазифікація) визначається як відносна сума приведених ступенів належності всіх факторів даному засобу, тобто

$$D = \sum_{i=1}^n \mu A_{(xi)} / n$$

де x_n — n -й фактор впливу;

n — кількість факторів впливу.

Значення істинності характеризує ступінь придатності засобу виконання геодезичних робіт із врахуванням всіх факторів впливу. Результат роботи експертної системи надано на рисунку 3.

При складних геодезичних роботах (декілька видів геодезичних робіт на одному об'єкті) для кожної зі складових є свій оптимальний засіб виконання робіт, що може не відповідати оптимальному засобу для інших робіт. У такому разі вибирають той, що застосовується для найбільш відповідальних робіт. У деяких випадках можуть використовуватись і декілька засобів виконання геодезичних робіт. Це може бути при неможливості застосування одного засобу або якщо засіб для другої роботи має дуже низьке значення істинності.

За результатом виконання аналізу експертною системою в даному випадку можна зробити однозначний висновок, що найбільш оптимальним засобом виконання геодезичних робіт для даного завдання є електронний тахеометр третього класу точності.

Чітких критеріїв для вибору засобів геодезичного забезпечення в залежності від факторів впливу дійсно не існує. Але і експертні висновки для деяких факторів впливу є також досить приблизними та суб'єктивними.

Фактор точності, що використовується в експертній системі, залежить тільки від потрібної точності виконання робіт та класу точності засобу. Якщо засіб має точність більш низьку ніж потрібна для виконання робіт, використовувати його не можна і він взагалі виключався з розгляду. Для інших засобів фактор точності визначався із співвідношення потрібної точності та точності засобу вимірювання з врахуванням експертних висновків.

Величина фактора вартості засобів геодезичного забезпечення залежить не тільки від вартості засобу. Він може бути у виконавця робіт і тоді величина фактора впливу максимальна. Потрібно враховувати і вартість самих геодезичних робіт за умови, що засіб потрібно придбати для виконання цих робіт, та термін самоокупності приладу. У вищеприписаній системі це було враховано.

Найбільш складним для застосування в експертній системі є фактор впливу затрат часу на виконання роботи (продуктивності праці). Експертні висновки можуть бути використані тільки для оцінки тривалості самих геодезичних робіт.

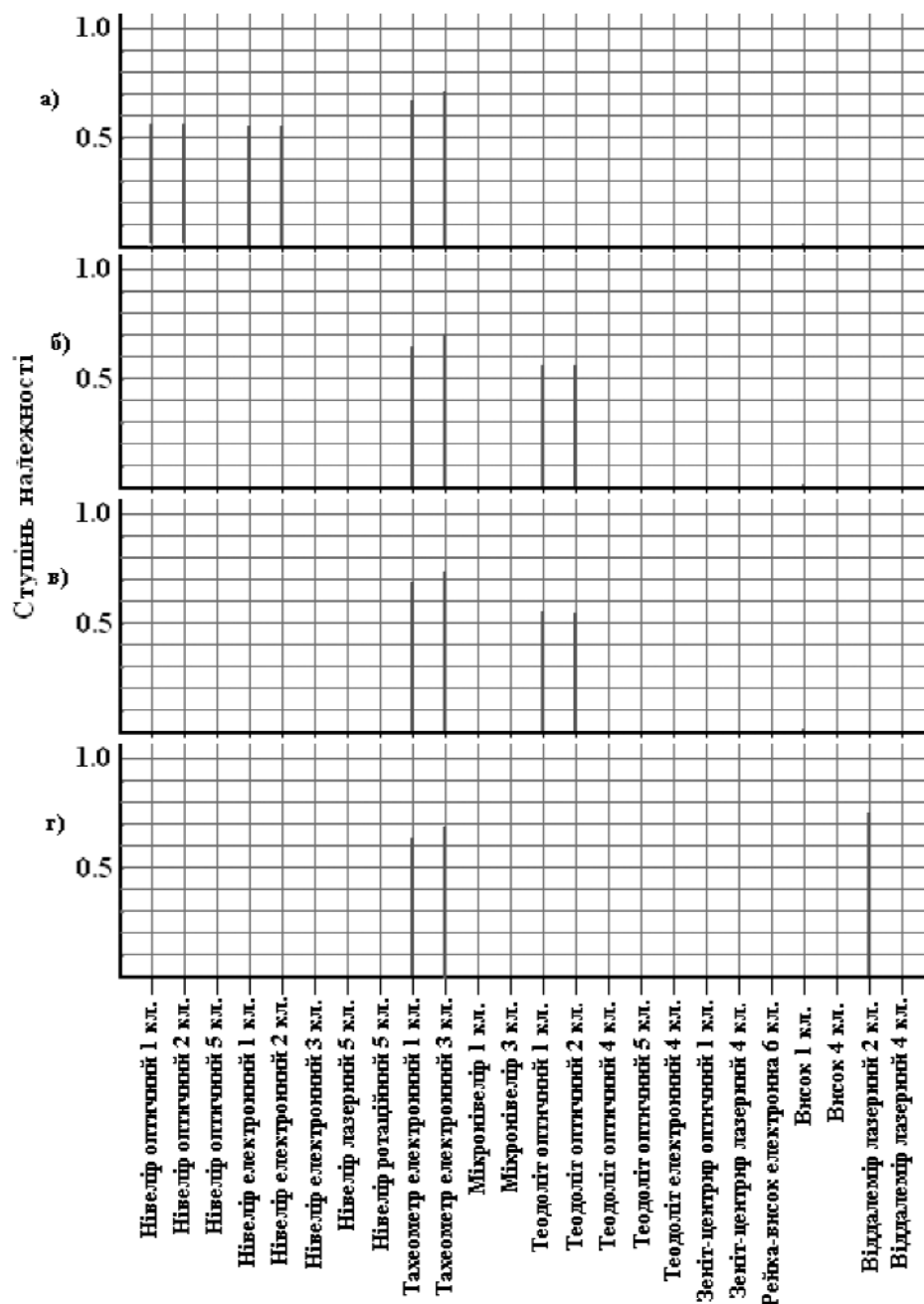


Рисунок 3. Функції істинності для різних геодезичних робіт:

а — визначення позначок висот; б — вертикальне проектування;

в — кутові геометричні вимірювання; г — лінійні геометричні вимірювання

Насправді ж тривалість геодезичних робіт не є вирішальною, не дивлячись на те, що вони є невід'ємною частиною технології виконання робіт і знаходяться на критичному шляху. У деяких випадках застосування конкретних засобів ведення геодезичних робіт може дати можливість змінити технологію проведення будівельних робіт. Наприклад, застосування лазерних приладів може вдосконалити технологію монтажу лінійних споруд, а використання систем на основі автоматич-

них тахеометрів — технологію монтажу деяких металокопункцій.

У більшості випадків такі кардинальні зміни технології неможливі. Але це ще не означає, що терміни виконання робіт неможливо зменшити. У багатьох випадках монтажу металокопункцій є циклічні роботи з укрупненого складання металокопункцій перед їх остаточним монтажем, наприклад, укрупнене складання металевих колон перед їх монтажем на реконструкції НСК

"Олімпійський". У процесі складання колони необхідно виконувати вивірення положення фасадної та похилої колони перед зварюванням та вивірення геометричних розмірів колони після зварювання. На рисунку 4 зображено діаграму Гантта (календарний графік) циклу укрупненого складання та монтажу однієї колони з використанням теодоліта та тахеометра.

Вивірення положення фасадної та похилої колон перед зварюванням та геометричних розмірів колони після зварювання звичайно проводять в світлий час доби і час виконання цих робіт повинен припадати на моменти найменшого сонячного випромінювання. Це або ранішні часи, або вечірні. Тому початок циклу складання і монтажу колони повинен бути таким, щоб ці роботи виконувались або вранці, або ввечері. Крім того, термін виконання робіт із складання колони, так і термін виконання всього циклу повинен бути кратним 12 год. У такому разі геодезичні роботи із вивірення колон при укрупненому складанні їх завжди будуть виконуватись в один і той же час ввечері чи вранці. Термін виконання робіт з укрупненого складання також повинен бути кратним 12 год. У такому разі початкові і заключні геодезичні роботи будуть проводитись завжди вранці та ввечері чи навпаки.

Термін укрупненого складання при використанні теодоліта перевищує 36 год і тому початок наступного циклу треба затримувати. При використанні тахеометра термін виконання роботи не перевищує 36 год і наступний цикл можна починати практично без затримки. Таким чином, навіть при незначних затратах часу на геодезичні роботи можливо так спроектувати технологію робіт, що виграш за часом буде суттєвим.

Отже, зробивши аналіз технології проведення робіт, майже завжди можна знайти можливість скоротити термін роботи при використанні певних засобів геодезичних робіт. А фактор впливу затрат часу на виконання роботи може оцінюватись за величиною економії часу і вводиться у експертну систему. Для цього потрібно лише розробити критерії оцінки скорочення терміну роботи, що є завданням для подальшої роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Григоровський П.Є., Дейнека Ю.В., Косолап Л.О. Деякі особливості вибору методів виконання геодезичного забезпечення при будівництві НСК "Олімпійський". // *Нові технології у будівництві*. К.: НДІБВ, 2010. – Вип. 19. С. 9-15.
2. Палкин Н.О., "Нечеткая логика - математические основы". *Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей*. М. 08.11.2010.
3. Мелихов А.Н. и др. *Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой*. М., Наука, Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.
4. Шевченко Т.Г. *Геодезичні прилади* / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. – Л.: Львівська політехніка, 2006.
5. Ямбаев Х.К. *Геодезическое инструментоведение* / Х.К. Ямбаев, Н.Х. Гольгин. – М., Недра, 2005.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается пример применения информационной экспертной системы для выбора средств выполнения геодезических работ. Приводится внешний вид интерфейса экспертной системы и принципы учета факторов влияния на выбор. Представлены результаты применения экспертной системы для выбора средств геодезического обеспечения.

Ключевые слова: геодезическое обеспечение, выбор средств выполнения геодезических работ, информационная экспертная система

ANNOTATION

In the article the example of application of informative consulting model is examined for the choice of facilities of implementation of geodesic works. Original appearance of interface of consulting model and principles of account of factors of influence is pointed on a choice. Results of application of consulting model is presented for the choice of facilities of the geodesic providing.

Keywords: Geodesic providing, choice of facilities of implementation of geodesic works, informative consulting model