

**Н.П.Чуканова, Ю.В. Крошка, О.В. Мурсьова,**  
ДП "НДІБВ", м. Київ

## ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИБУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

**Анотація:** В статті висвітлено особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт. Обґрунтовано необхідність розробки інформаційної експертної системи для вибору засобів геодезичного забезпечення з використанням елементів нечіткої логіки. Представлено варіант структурної схеми інформаційної системи. Визначені основні види геодезичних робіт та засоби геодезичного забезпечення, що повинні складати основу інформаційної системи. В статті сформульовано підхід до формування нечіткої бази знань.

**Ключові слова:** Геодезичні роботи, вибір засобів виконання геодезичних робіт, інформаційна експертна система, нечітка логіка.

**Вступ.** В статті [1] розглянуті деякі особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт, що були застосовані при реконструкції НСК "Олімпійський". В ній розглянуто питання організації геодезичних робіт та вибору конкретних засобів і методів їх виконання з точки зору забезпечення мінімальної тривалості вимірювальних робіт, вартості та якості виконання будівельних робіт при забезпеченні їх проектною точністю. В цій статті пропонується методика вибору засобів і методів інструментальних вимірювань з використанням елементів нечіткої логіки, що може бути застосована для вибору системи спостережень та моніторингу на всіх етапах життєвого циклу будівлі.

**Аналіз стану питання.** На сучасному рівні розвитку інформаційних технологій, при зростанні об'єму інформації в галузі інструментального забезпечення, складності і прецизійності будівельних об'єктів, постійного розширення засобів і методів геодезичних вимірювань, неруйнівного контролю та моніторингу постає проблема систематизації наукового і практичного знання та прийняття рішення на новій методологічній і технологічній інформаційній основі. Одним із рішень цієї проблеми є інформаційна експертна система, яка може забезпечити активний і науково-обґрунтований вибір засобів і методів інструментального забезпечення з метою виконання робіт в мінімальні терміни з достатньою точністю та при мінімальних витратах коштів і достатній якості виконання робіт на всіх етапах життєвого циклу. При цьому можуть бути враховані і деякі інші критерії, які звичайно ігноруються (екологічні, ергономічні, природні та інші).

Крім того експертна система має бути відкритою, тобто забезпечувати можливість її розширення та доповнення в майбутньому при появі нових методів і засобів виконання геодезичних робіт.

Приклад розробки інформаційної експертної системи.

В основу розробки інформаційної експертної системи для вибору засобів інструментального забезпечення покладено її структурно-функціональну схему представлену на рисунку 1.

Для розробки такої системи необхідно вирішити наступні задачі:

— виконати аналіз сучасного стану інструмента-

льного забезпечення для відповідного етапу життєвого циклу, визначити всі можливі інструментальні вимірювань для технологічного процесу, що досліджується;

— визначити всі сучасні методи і засоби інструментального забезпечення для виконання конкретних вимірювальних робіт;

— систематизувати сучасний рівень наукового і практичного знання в галузі інструментального забезпечення та реалізувати його у вигляді бази даних засобів вимірювальних робіт для інформаційної експертної системи;

— визначити фактори впливу на вибір засобів інструментального забезпечення;

— вирішити завдання оптимальної оцінки всіх факторів впливу на вибір засобів інструментального забезпечення з застосуванням елементів нечіткої логіки та розробити критерії оцінки всіх факторів впливу;

— визначити критерії оптимального вибору одного або кількох засобів інструментального забезпечення для виконання конкретних видів робіт;

— розробити інформаційну експертну систему з відкритою структурою, що дає змогу змінювати та доповнювати її.

Структурно-функціональна схема інформаційної експертної системи вибору засобів інструментального забезпечення включає в себе базу знань, інтерфейс користувача та експертну систему. Оскільки не всі критерії можуть бути визначені чіткими значеннями і висновки експертів не завжди чіткі, то експертна система повинна використовувати елементи нечіткої логіки.

База знань включає в себе:

— інформацію про всі засоби виконання вимірювальних робіт для всіх видів робіт, що мають бути виконані (точність, вартість та інші);

— інформацію про фактори впливу на вибір засобів виконання вимірювань (точність, вартість, трудомісткість, кількість допоміжного персоналу, ергономічність, час проведення робіт та інші);

— експертні критерії оцінки факторів впливу на вибір засобу вимірювань.

Ця інформація і складає бібліотеку експертних знань — базу знань. А вже експертна система проводить фазифікацію — визначення ступеню приналежності, який відповідає чітким значенням вхідних па-

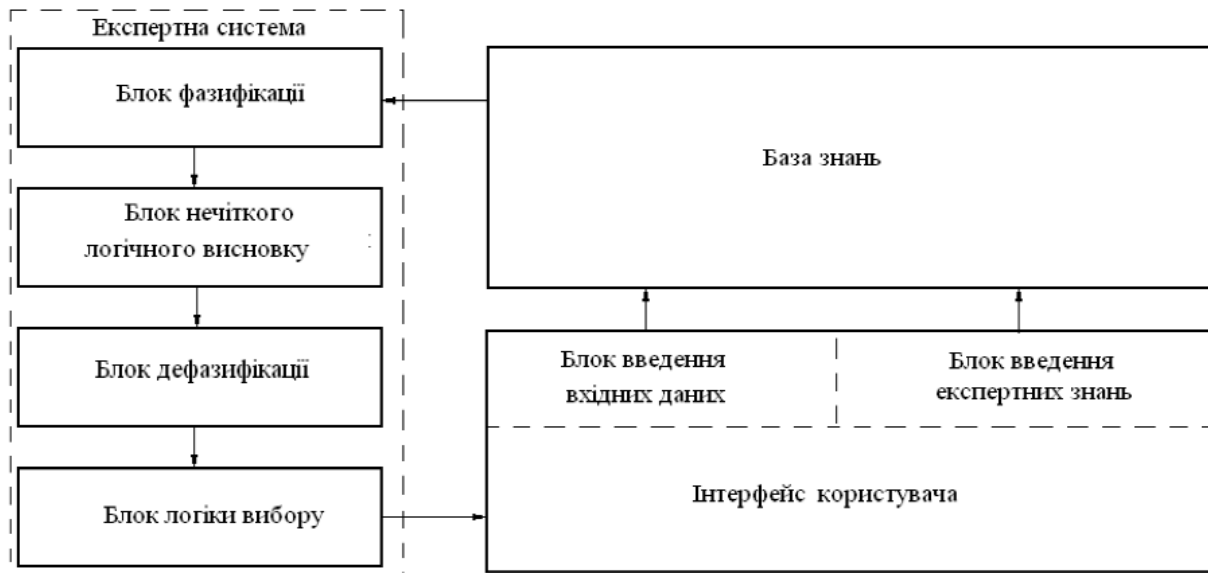


Рис. 1. Структурна схема інформаційно-експертної системи

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

Алгоритм прийняття рішення базується на понятті ступеню істинності. Ступінь істинності в даному випадку це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу вимірювань для кожного засобу кожної вимірювальної операції.

Інтерфейс користувача дозволяє вибрати методи та засоби вимірювань, що потрібні для етапів життєвого циклу, вхідні дані про них (потрібна точність, вартість вимірювань, наявність засобів та приладів для інструментального визначення параметрів будівельного об'єкту) та деякі інші чинники впливу. Інтерфейс керує процесом роботи експертної системи і виводить результати для індикації або друку.

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

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

База "знань" побудована на основі аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних вчених [2], [3], [4]. На прикладі аналізу робіт з інженерної геодезії можна визначити основні геодезичні роботи, які виконуються в процесі будівництва та моніторингу стану інженерних об'єктів:

- трасування лінійних споруд;
- створення інженерно-геодезичної мережі;
- розмічувальні роботи;
- геодезичні роботи при вертикальному плануванні будівельних майданчиків;
- передача осей на монтажний горизонт;
- передача висот на монтажний горизонт;
- вивірення елементів конструкцій у плані;
- вивірення елементів конструкцій за висотою;

- вивірення елементів конструкцій за вертикаллю;
- вивірення технологічного устаткування;
- контроль осідання споруд;
- вимірювання горизонтальних зміщень;
- контроль нахилів споруд.

Зазначені геодезичні роботи є основними. Всі інші є комбінацією вище згаданих робіт. Вибір засобів геодезичного забезпечення для цих робіт значною мірою залежить від потрібної точності робіт, співвідношення вартості робіт та вартості необхідних засобів вимірювання (при їх відсутності), об'єму геодезичних робіт. Все це повинно враховуватись в експертній системі.

Вибір доступних засобів геодезичного забезпечення проводився на основі аналізу літератури в галузі геодезичного приладобудування [5], [6] та статей в наукових журналах та інших доступних засобах інформації.

Основні засоби геодезичного забезпечення можна умовно розділити на декілька груп:

- засоби для визначення позначок висот;
- засоби для вертикального проектування;
- засоби для кутових геометричних вимірювань;
- засоби для лінійних геометричних вимірювань;
- засоби для моніторингу споруд.

Засоби для визначення позначок висот включають:

- гідронівеліри;
- оптичні нівеліри;
- електронні нівеліри;
- електронні тахеометри;
- мікронівеліри;
- лазерні нівеліри;
- лазерні ротаційні нівеліри.

Засоби для вертикального проектування включають:

- електронні рейки-висок;
- оптичні теодоліти;
- електронні теодоліти;
- електронні тахеометри;
- оптичні зеніт-центрири;
- лазерні зеніт-центрири.

Засоби для кутових геометричних вимірювань включають:

- оптичні теодоліти;
- електронні теодоліти;
- електронні тахеометри.

До засобів лінійних геометричних вимірювань відносяться:

- лінійки;
- рулетки;
- мірні стрічки;
- лазерні рулетки;
- лазерні віддалеміри;
- електронні тахеометри.

Для моніторингу стану споруд можуть використовуватись як вище згадані засоби, так і наступні:

- системи контролю просідання споруд на основі гідронівеліра;
- датчики нахилу;
- автоматичні електронні тахеометри.

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, в яких виконуються геодезичні роботи, вони визначаються з досвіду та опитуванням експертів — спеціалістів в галузі геодезії. В цій експертній системі вибрані такі фактори впливу:

- точність робіт;
- затрати часу на виконання роботи, продуктивність праці;
- відносна вартість засобів;
- кількість геодезистів та допоміжного персоналу;
- 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.

В більшості випадків ця інформація неоднозначна і тому доволі важко може визначатись точними кількісними відношеннями, тим більше що експерт при прийнятті рішень виходить зі своїх суб'єктивних уявлень.

В таких умовах актуальним є застосування експертних систем на основі нечіткої логіки, які дозволяють аналізувати як кількісну інформацію, так і експертну інформацію якісного характеру, і на основі цього вирішувати поставлені задачі. Мова нечіткої логіки це найбільш адекватний математичний апарат, який дозволяє максимально скоротити перехід від якісного опису до числових кількісних оцінок його стану і сформувати на цій основі прості і ефективні алгоритми, тобто дозволяє моделювати людську можливість вирішення задач.

Методики, які побудовані на положеннях нечіткої логіки, дають можливість використовувати приблизні, але в той же час достатньо ефективні, методи описання погано визначених систем, для аналізу яких нема можливості застосувати стандартні кіль-

кісні математичні методи. При цьому всі теоретичні обґрунтування даного підходу є достатньо точними і не є самі по собі джерелом невизначеності.

Для використання методів нечіткої логіки вводиться поняття ступеню приналежності. Ступінь приналежності ставить у відповідність фактору впливу число в діапазоні 0..1, яке характеризує ступінь впевненості у відповідності цього засобу фактору впливу. Наприклад, якщо засіб не забезпечує виконання точності робіт (фактор впливу), то ступінь приналежності рівний 0, а якщо метод забезпечує точність з деяким запасом — 1. При забезпеченні точності з проміжною величиною запасу ступінь приналежності може визначатись величиною в діапазоні 0..1.

Ступінь приналежності повинен включати в себе і важливість цього фактору на прийнятті рішення. Наприклад точність та вартість геодезичних робіт дуже важлива і буде мати вирішальне значення для вибору, а, наприклад, ергономічність приладів — менш важлива. Оскільки оцінити ступінь приналежності з врахуванням і важливості цих факторів практично дуже складно, то вводиться ще одне поняття — ступінь важливості. Ступінь важливості факторів впливу ставить у відповідність фактору число в діапазоні 0..1, яке характеризує ступінь впливу фактора на прийняття рішення про вибір засобів геодезичних робіт.

Приведений ступінь приналежності ( $\mu$ ) (далі просто ступінь приналежності) це результат множення ступеню приналежності на ступінь важливості, причому ці значення можуть бути різними для різних геодезичних робіт та різних засобів геодезичних робіт. Тоді кожному фактору впливу можна поставити у відповідність нечітку множину

$$A_M = \{\mu_A(x_1)/x_1; \mu_A(x_2)/x_2; \dots; \mu_A(x_n)/x_n\},$$

де  $A_M$  — нечітка множина, що характеризує фактор  $m$ ;

$$\mu_A(x_n) — ступінь приналежності цього фактору$$

для засобу геодезичного забезпечення  $x_n$ .

Такі множини повинні бути сформовані для кожної геодезичної роботи зі своїм набором засобів геодезичного призначення та своїми значеннями ступеня приналежності. Експертна система для кожної геодезичної роботи визначає значення істинності для кожного засобу геодезичного забезпечення. Значення істинності — це величина, що характеризує відповідність всіх факторів методу геодезичних робіт для кожного засобу кожної геодезичної роботи. Тобто для кожної роботи визначають одне значення, яке характеризує сумарний ступінь приналежності всіх факторів до конкретного засобу. Для цього використовується середнє від всіх значень  $\mu_A(x_n)$  множин, що характеризують конкретну геодезичну роботу. В результаті буде отримано для кожного засобу своє значення істинності, а найбільше значення істинності, вказує на найбільш прийнятний засіб геодезичного забезпечення.

Значення істинності для кожного засобу можна визначити як величину приведених ступенів приналежності всіх факторів даному засобу, тобто

$$D = \sum_{i=1}^n \mu_{A_{(zn)}} / n,$$

де  $x_n$  —  $n$ -й фактор впливу;  $n$  — кількість факторів впливу.

**Висновки.** При складних геодезичних роботах може бути для кожної зі складових свій оптимальний засіб виконання робіт. В такому разі варто вибирати той, що застосовується для найбільш складних робіт. В деяких випадках можуть використовуватись і декілька засобів геодезичних робіт. Це може бути при неможливості застосування одного засобу або якщо засіб для другої роботи має дуже низьке значення істинності.

Для проведення експертних оцінок ступеня приналежності та ступеня важливості потрібно виробити чіткі критерії прийняття рішень експертною комісією по факторам впливу та ступеням важливості факторів впливу, оскільки таких критеріїв досі немає.

Інформаційна експертна система це найбільш високий рівень інформаційного забезпечення і її розробка в галузі геодезичного забезпечення є роботою на майбутнє.

#### 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. Войтенко С.П., Інженерна геодезія. Київ, "Знання", 2009.
3. Ключин Е.Б. Інженерна геодезія /Е.Б Ключин и др.; под ред. проф. Д.М. Михеева. - М.:Академия, 2008.
4. Федотов Г.А. Інженерна геодезія /Г.А. Федотов. - М.: Высш. шк., 2004.
5. Шевченко Т.Г. Геодезичні прилади / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. - Л.: Львівська політехніка, 2006.
6. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение / Х.К. Ямбаев, Н.Х. Гольгин. - М.: Недра, 2005.
7. Палкин Н., "Нечеткая логика - математические основы". Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей. М. 08.11.2010.
8. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с не-четкой логикой. М., Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.

#### Reference

- 1 Gry`gorovs`kyj` P.Ye., Dejneka Yu.V., Kosolap L.O. Deyaki osob-ly`vosti vy`boru metodiv vy`konannya geodezy`chnogo zabezpechennya pry` budivny`cztvi NSK "Olimpijs`kyj". // Novi texnologiyi u budivny`cztvi. K.: NDIBV, 2010. - Vy`p. 19. S. 9-15.
2. Vojtenko S.P., Inzhenerna geodeziya. Ky`yiv, "Znannya", 2009.
3. Klyushy`n E.B. Ynzhenernaya geodezy`ya /E.B Klyushy`n y` dr.; pod red. prof. D.M. My`xееva. - M.:Akademy`ya, 2008.
4. Fedotov G.A. Ynzhenernaya geodezy`ya /G.A. Fedotov. - M.: Vyssh. shk., 2004.
5. Shevchenko T.G. Geodezy`chni pry`lady` / T.G. Shevchenko, O.I. Moroz, I.S. Trevoго. - L.: L`vivs`ka politexnika, 2006.
6. Yambaev X.K. Geodezy`cheskoe y`nstrumentovedeny`e / X.K. Yambaev, N.X. Golygin. - M.: Nedra, 2005.
7. Palky`n N., "Nchetkaya logy`ka - matematy`chesky`e osnovy". Ener-gosberezheny`e, avtomaty`zacy`ya v promyshlennosty`, y`ntellektual`nye zdany`ya y` ASUTP. Sborny`k statej. M. 08.11.2010.
8. Mely`hov A.N. y` dr. Sy`tuacy`onnye sovetuyushhy`e sy`stemy s ne-chetkoj logy`koj. M., Nauka. Gl. red. fy`z.-mat.ly`t., 1990.

Н.П. Чуканова, Ю.В. Крошка, О.В. Мурасева

### ИНФОРМАЦИОННО-ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности выбора средств выполнения геодезических работ. Обоснована необходимость разработки информационной экспертной системы для выбора средств геодезического обеспечения с использованием элементов нечеткой логики. Представлен вариант структурной схемы информационной системы. Определены основные виды геодезических работ и средства геодезического обеспечения, должны составлять основу информационной системы. В статье сформулирован подход к формированию нечеткой базы знаний.

**Ключевые слова:** Геодезические работы, выбор способов выполнения геодезичних работ, информационная экспертная система, нечеткая логика.

N.P.Chukanova, Yu.V. Kroshka, O.V. Muraseva

### INFORMATION EXPERT SYSTEM FOR SELECTION OF MEANS INSTRUMENTAL DIMENSIONS FOR CONSTRUCTION AND OPERATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

**Abstract.** The article discusses the features of the choice of means performing geodetic works. The necessity of developing an information expert system for the selection of geodetic software using elements of fuzzy logic is substantiated. A variant of the information system block diagram is presented. The main types of geodetic works and means of geodetic support are determined; they should form the basis of the information system. The article formulates an approach to the formation of a fuzzy knowledge base.

**Key words:** Geodetic works, choice of methods for performing geodetic works, information expert system, fuzzy logic.