

декількох робіт, оптимальні засоби для яких різні, може бути вибраний один із засобів як найбільш оптимальний, чи декілька, якщо засіб, що використовується для однієї роботи, не може бути застосований для іншої.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Григоровський П. Є., Дейнека Ю. В., Косолап Л.О. Деякі особливості вибору методів виконання геодезичного забезпечення при будівництві НСК "Олімпійський" // *Нові технології в будівництві, 2010. — №1 (19). — С. 9-15.*

2. Палкин Н.А. "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.*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена возможность и необходимость использования информационной экспертной системы для выбора средств геодезических работ и принцип ее действия. Определены основные факторы влияния на выбор средств геодезического обеспечения и подход к оценке их влияния на этот выбор. Представлен возможный вариант конечного выбора экспертной системой необходимых средств геодезического обеспечения.

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

#### ANNOTATION

Possibility and necessity of the use of informative consulting model for the choice of facilities of geodesic works and principle of her action are considered in the article. The basic factors of influence on the choice of facilities of the geodesic providing and going are certain near the estimation of their influence on this choice. The possible variant of eventual choice is presented by the consulting model of necessary facilities of the geodesic providing.

Keywords: the Geodesic providing, choice of facilities of implementation of geodesic works, informative consulting model, factors of influence.

УДК 624. 131. 2; 725

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

### ІНФОРМАЦІЙНО-ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ У БУДІВНИЦТВІ

#### АНОТАЦІЯ

У статті висвітлено особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт. Обґрунтовано необхідність розроблення 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.

У статті [1] розглянуті деякі особливості вибору засобів виконання геодезичних робіт при реконструкції НСК "Олімпійський", 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 проектної точності. У статті зроблена спроба вибору засобів і методів геодезичного забезпечення з використанням елементів нечіткої логіки на прикладі виконання монтажних робіт при будівництві покрівлі стадіону "Олімпійський" у місті Києві.

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 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 геодезичного забезпечення з ме-

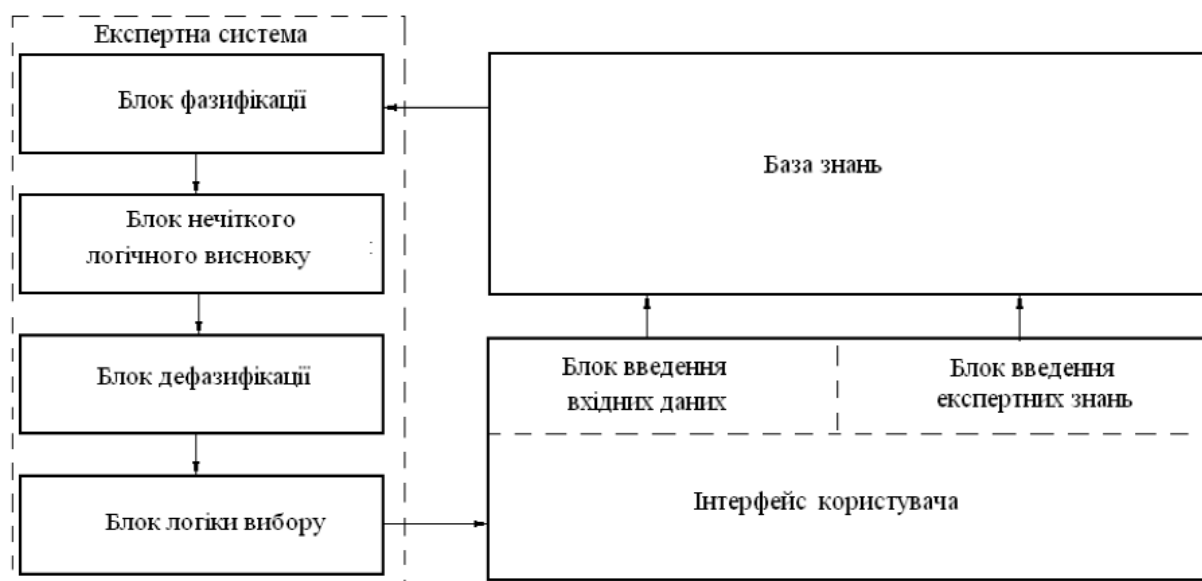


Рис. 1 Структурна схема інформаційно-експертної системи

тою виконання робіт у мінімальні строки з достатньою точністю та при мінімальних витратах коштів і достатній якості виконання будівельних робіт. 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.

В основі розроблення інформаційної експертної системи для вибору засобів геодезичного забезпечення покладена структурно-функціональна схема, що представлена на рисунку 1.

Для розроблення такої системи необхідно розв'язати наступні задачі:

- \* виконати аналіз сучасного стану геодезичного забезпечення у будівництві, визначити всі можливі геодезичні роботи в будівельній галузі;

- \* визначити всі сучасні методи і засоби геодезичного забезпечення для виконання конкретних геодезичних робіт;

- \* систематизувати сучасний рівень наукового і практичного знання в галузі геодезичного забезпечення та реалізувати його у вигляді бази даних засобів геодезичних робіт для інформаційної експертної системи;

- \* визначити фактори впливу на вибір засобів геодезичного забезпечення;

- \* вирішити завдання оптимальної оцінки всіх факторів впливу на вибір засобів геодезичного за-

безпечення з застосуванням елементів нечіткої логіки та розробити критерії оцінки всіх факторів впливу;

- \* визначити критерії оптимального вибору одного або кількох засобів геодезичного забезпечення для виконання конкретних геодезичних робіт;

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

Структурно-функціональна схема інформаційної експертної системи вибору засобів геодезичного 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 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 тощо);

- 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,

який відповідає чітким значенням вхідних параметрів. 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 для кожного 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 з тим, 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.

База знань побудована на основі аналізу робіт вітчизняних та зарубіжних вчених-геодезистів. Із 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 вищезгаданих робіт. Вибір засобів геодезичного забезпечення для цих робіт значною мірою залежить від потрібної точності робіт, співвідношення вартості робіт та вартості необхідних засобів вимірювання (та 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 у 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-виски;
- 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 вищезгадані 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, вони визначаються з досвіду та опитування 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.

У 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.

У 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 розв'язувати 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 сформулювати на цій

основі прості і ефективні алгоритми, тобто дозволяє моделювати людську можливість розв'язання задач.

Методики, що 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 кількісні 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 ступеня належності. Ступінь належності ставить у відповідність фактору впливу число в діапазоні 0..1, яке характеризує ступінь впевненості у відповідності з цим засобом фактору впливу. Наприклад, якщо засіб не забезпечує виконання точності робіт (фактор впливу), то ступінь належності дорівнює 0, а якщо метод забезпечує точність з деяким запасом, - 1. При забезпеченні точності з проміжною величиною запасу ступінь належності може визначатись величиною в діапазоні 0..1.

Ступінь належності повинен включати в себе і важливість цього фактора на прийняття 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 належності з врахуванням і важливістю 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.

Наведений ступінь належності ( $\mu$ ) (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. 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 належності цього фактора 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 належності. 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 належності всіх факторів до конкретного засобу. Для цього використовується середнє від всіх значень  $\mu A(x_n)$  множин, що характеризують конкретну геодезичну роботу. У 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 наведених ступенів належності всіх факторів даному засобу, тобто

$$D = \sum_{i=1}^n \mu A(x_n) / n,$$

де  $x_n$  -  $n$ -й фактор впливу;

$i$  - кількість факторів впливу.  $i=1...n$ ;

При складних геодезичних роботах може бути для кожної зі складових свій оптимальний засіб виконання робіт. У такому разі варто вибирати той, що застосовується для найбільш складних робіт. У 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 належності та ступеня важливості потрібно виробити чіткі критерії прийняття рішень експертною комісією за факторами впливу та ступенями важливості факторів впливу, оскільки таких критеріїв досі немає.

Інформаційна експертна система - це найбільш високий рівень інформаційного забезпечення і її розроблення 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 в будівництві, 2010 - №1 (19) - С. 9-15.

2. Ключин Е.Б. Инженерная геодезия /Е.Б Ключин и др.; под ред. проф. Д.М. Михеева. - М.:Академия, 2008.

3. Шевченко Т.Г. Геодезичні прилади / Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз, І.С. Тревого. - Л.: Львівська політехніка, 2006.

4. Ямбаев Х.К. Геодезическое инструментоведение / Х.К. Ямбаев, Н.Х. Голыгин. - М.: Недра, 2005.

5. Палкин Н.А. Нечеткая логика - математические основы. Энергосбережение, автоматизация в промышленности, интеллектуальные здания и АСУТП. Сборник статей. М.: 08.11.2010.

6. Мелихов А.Н. и др. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М., Наука. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1990.

#### АННОТАЦИЯ

В статье освещены 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, которые должны составить основу информационной системы. В статье сформулирован подход к формированию нечеткой базы знаний.

Ключевые слова: геодезические работы, выбор средств выполнения геодезических работ, информационная экспертная система, нечеткая логика.

#### ANNOTATION

The features of choice of facilities of implementation of geodesic works it is presented in the article. The necessity of development of informative consulting model is grounded for the choice of facilities of the geodesic providing with the use of elements of fuzzy logic. The variant of flow diagram of the informative system is presented. The basic types of geodesic works and facilities of the geodesic providing, which must make basis of the informative system, are certain. Going near forming of unclear base of knowledge's is formulated in the article.

Keywords: Geodesic works, choice of facilities of implementation of geodesic works, informative consulting model, fuzzy logic.