ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу Топтун Анни Володимирівни на тему «Інформаційно-вимірювальна система моніторингу санітарного стану деревних насаджень», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Актуальність теми дисертації.

Останніми роками в Україні почастішали випадки руйнації дерев під час буревіїв, що супроводжується захаращенням лісових, садово-паркових масивів, а також муніципальних зон насаджень, а також подекуди й пошкодженням приватної та комунальної власності, а інколи травмуванням та загибеллю людей.

В зв'язку з цим актуальною є задача своєчасного та оперативного виявлення дерев у незадовільному санітарному стані з метою запобігання небажаним наслідкам. В той же час найпоширенішим методом для визначення категорій санітарного стану окремих дерев та їх масивів залишається візуальний огляд. Випадок задовільного зовнішнього вигляду дерева не дозволяє зробити висновок про внутрішній стан дерева та застосовувати до таких дерев превентивні заходи щодо їх своєчасної санітарної вирубки.

Отже розробка інформаційно-вимірювальної системи, яка за рахунок застосування сучасних технологічних та програмно-технічних засобів дозволить здійснювати дистанційний моніторинг санітарного стану деревних насаджень шляхом врахування змін якісних показників деревного соку та забезпечить можливість зонування насаджень за показниками вимірювальних мікродатчиків, чим підвищить точність та надійність визначення санітарного стану деревних насаджень, є актуальною.

Дисертаційне дослідження виконувалось на кафедрі приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій Черкаського державного технологічного університету.

Коротка характеристика роботи та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** здобувачка навела загальну характеристику дисертаційного дослідження, його актуальність; визначила наукову новизну та практичне значення результатів дисертації, а також предмет та об'єкт дослідження, сформулювала мету та задачі наукового дослідження.

У **першому** розділі роботи визначено та проаналізовано фактори, які мають найбільший вплив на санітарний стан деревних насаджень та усунення яких на сьогоднішній день не є можливим. Проаналізовано основні методи визначення санітарного стану деревних насаджень. Встановлено, що застосування іонометричного методу, як найперспективнішого в науковому дослідженні при контролі санітарного стану масивів деревних насаджень, обмежене відсутністю засобів автоматизації та інформатизації цього методу. Встановлені основні умови, яким мають відповідати інформаційно-вимірювальні системи моніторингу санітарного стану деревних насаджень. Проаналізовано найбільш використовувані методи та програмно-апаратні засоби математичного моделювання поведінки і динаміки розвитку рослинних екосистем, визначені їх

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Вх. № 496-п
11 11 2020

переваги та недоліки. Встановлено перспективу використання цих моделей для моніторингу санітарного стану деревних насаджень.

Другий розділ було присвячено удосконаленню існуючого та розробленню нового експериментально-методичного та математичного забезпечення для проведення дистанційного моніторингу санітарного стану деревних насаджень. Для цього, здобувачкою було уточнено та вдосконалено низку методик для визначення показників pH та солоності ґрунту, а також експрес-методик для визначення цукру та pH, що були вперше запропоновані для експрес-визначення якісних показників деревного соку (сахаристості та водневого показника pH). Методом багатофакторного планування експерименту побудовані математичні регресійні моделі, які описують залежності якісних показників деревного соку (сахаристості, pH та в'язкості)від зовнішніх факторів (температури, pH та солоності ґрунту) та розраховано статистичні характеристики цих моделей. Складено динамічну модель, яка дозволяє високоточно (відносна похибка не перевищила 4%) визначати санітарний стан деревних насаджень і алгоритм якої було покладено здобувачкою в основу системи підтримки прийняття рішень інформаційно-вимірювальної системи дистанційного моніторингу санітарного стану деревних насаджень. Вперше запропоновано математичну модель, на основі якої складено алгоритм зонування деревних насаджень за категоріями їх санітарного стану, що дозволяє проведення більш точного та інформативного моніторингу стану цих насаджень. В результаті розробленого експериментально-методичного та математичного забезпечення складено загальний алгоритм проведення моніторингу санітарного стану деревних насаджень, що дозволяє проводити довгострокове прогнозування зміни санітарного стану цих насаджень і може служити основою для високоточної та ефективної інформаційно-вимірювальної системи моніторингу.

Третій розділ здобувачка присвятила розробці метрологічно-інструментального та програмно-апаратного забезпечення, що лягло в основу створення інформаційно-вимірювальної системи моніторингу санітарного стану деревних насаджень. Вперше запропонувала конструкцію та технологічну послідовність виготовлення мікросенсору для визначення якісних показників деревного соку (рівня pH, сахаристості та в'язкості), яка відповідає основним вимогам надійності, дешевизни, простоти та не веде до фізичного пошкодження дерев. Також визначила вимоги до конструкції інформаційно-вимірювальної системи моніторингу санітарного стану деревних насаджень; склала структурну та функціональну схеми, на основі яких створено модельний зразок такої інформаційно-вимірювальної системи, а також розробила програмне забезпечення для автоматизації процесу моніторингу, що дозволило зменшити вплив оператора на процес моніторингу та реалізувати віддалений моніторинг та прогнозування санітарного стану деревних насаджень. Довела, що розроблені нею в розділі метрологічно-інструментальна та програмно-апаратна бази сприяють покращенню ефективності (підвищення точності та надійності) процесу моніторингу санітарного стану деревних насаджень.

В **четвертому** розділі наведено результати експериментального випробовування розробленої інформаційно-вимірювальної системи моніторингу та здійснено порівняння цих результатів з даними математичного

моделювання та результатами, отриманими альтернативними методами дослідження (наприклад, методом візуального спостереження). Представлено наочні результати моніторингу досліджуваної ділянки (на прикладі парку «Спортивний», м. Черкаси) та наведено результати зонування дерев за категоріями санітарного стану, здійсненого на основі отриманих результатів моніторингу.

Висновки містять розгорнутий перелік основних результатів та рекомендацій отриманих в дисертації. Додатки містять матеріали, що додатково ілюструють, розкривають та пояснюють отримані в роботі результати, а також список публікацій здобувачки та акт впровадження в навчальний процес результатів дисертації.

Таким чином, дисертація є завершеною кваліфікаційною науково-дослідною роботою. Предметна спрямованість дисертаційного дослідження відповідає науковій спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Теоретичні положення роботи були достатньою мірою обґрунтовані, а їх достовірність підтверджена практичними фізичними експериментами.

Для вирішення поставлених задач дисертантка використовувала сучасні аналітичні методи фізико-хімічного аналізу; окремі положення теорії руху соку та поживних речовин в деревині (cohesion-tension theory), а також методи штучних нейронних мереж, математичної статистики, планування факторного експерименту, проведення фізичних експериментів тощо.

Таким чином, ступінь обґрунтованості та достовірність основних наукових положень дисертації та отриманих результатів, а також зроблених висновків та рекомендацій є достатніми.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів.

В дисертаційній роботі були отримані нові наукові результати.

Вперше створено метод автоматизованого визначення санітарного стану дерев, який полягає у контактному вимірюванні основних показників деревного соку та враховує вплив факторів зовнішнього середовища на ці показники і, на відміну від існуючих, застосовує дистанційне опитування кількох давачів та результати обробки кількох аналітичних сигналів, що підвищує адекватність та оперативність оцінювання санітарного стану деревних насаджень.

Вперше розроблена математична модель залежності основних показників деревного соку від факторів зовнішнього середовища, яка представляє собою систему рівнянь регресії, і, на відміну від існуючих, використовує масив чисельних показників факторів підвищеної інформативності, що дозволяє забезпечити прийнятну адекватність класифікації санітарного стану дерев та автоматизувати процес визначення категорій їх санітарного стану.

Вперше для формування набору правил класифікування дерев за санітарним станом в системі моніторингу використана математична модель, яка представляє собою поєднання нейромережі та сукупності регресійних рівнянь і, на відміну від існуючих, використовує алгоритм Мандамі та центроїдний метод дефазифікації, що забезпечує здатність визначити граничні значення факторів для цих правил, вихід за межі яких погіршує санітарний стан деревних насаджень.

Вперше розроблена прогнозна модель зміни санітарного стану деревних

насаджень, яка являє собою регресійну залежність, що відображає закономірність зміни санітарного стану дерев у минулому та використовує цю закономірність для оцінки їх стану у майбутньому, і, на відміну від існуючих, використовує комплексний підхід до процесу зонування із застосуванням нейромережевого моделювання та експертного оцінювання його результатів, що дозволяє підвищити точність прогнозування та збільшити прогнозний період.

Сукупність наукових результатів, отриманих в дисертаційній роботі, дозволяє стверджувати, що в роботі розв'язана актуальна науково-практична задача підвищення точності та надійності моніторингу санітарного стану деревних насаджень шляхом оперативного визначення категорій їх санітарного стану за рахунок упровадження дистанційної моніторингової системи.

Рівень наукової новизни та теоретичної цінності результатів є достатніми.

Практичне значення отриманих результатів.

В дисертаційному дослідженні вирішується важлива науково-практична задача підвищення точності та надійності визначення санітарного стану масивів деревних насаджень шляхом упровадження методичного, математичного, метрологічно-інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому представляє собою інформаційно-вимірювальну систему дистанційного моніторингу.

Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

– розроблено комплекс методик для визначення впливу факторів зовнішнього середовища на санітарний стан деревних насаджень;

– розроблено та програмно реалізовано алгоритм визначення санітарного стану деревних насаджень, що дозволяє враховувати зміну основних показників деревного соку в залежності від факторів зовнішнього середовища, в реальному часі отримувати розподіл деревних насаджень за категоріями на основі даних моніторингу їх санітарного стану, а також дозволяє прогнозувати життєвий цикл деревних насаджень;

– запропоновано технологію виготовлення мікросенсорів, що вводяться в стовбур контрольного дерева та створюють сприятливі умови до його самозаживлення, а також отримано та апробовано модельні зразки таких сенсорів для високоточного і надійного визначення основних показників деревного соку (показника pH, цукровості, в'язкості);

– на основі запропонованих технологічних рішень, технічного та програмного забезпечення для автоматизації процесу вимірювання з урахуванням біохімічного впливу провідних тканин дерева розроблено новий алгоритм реалізації моніторингу санітарного стану деревних насаджень, що підвищує ефективність проведення моніторингу.

Рекомендації щодо використання результатів. Одержані результати можуть бути використані для дистанційного моніторингу санітарного стану деревних насаджень лісових та садово-паркових зон, а також можуть бути застосовані для прогнозування змін у санітарному стані з метою забезпечення своєчасного проведення санітарних та профілактичних заходів.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати досліджень повно відображені в 5 наукових публікаціях, з яких 2 статті опубліковано у наукових фахових виданнях України, 2 статті – у фахових

періодичних наукових виданнях інших держав,які входять до Європейського Союзу (а саме в Болгарії), 1 – у матеріалах конференцій.

У публікаціях, які написані у співавторстві, автору належать такі результати:розроблення комплексного методу визначення санітарного стану деревних насаджень; розроблення моделі для проведення зонування досліджуваної ділянки за категоріями санітарного стану; розроблення інформаційно-вимірювальної системи моніторингу санітарного стану деревних насаджень; проведення аналізу негативних факторів, які можуть впливати на санітарний стан деревних насаджень, та здійснення порівняльного аналізу методів для визначення стану дерев; проведення огляду методів для пошуку дефектів в зелених насадженнях.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

Результати аналізу роботи, в тому числі за допомогою перевірки тексту дисертації з використанням системи виявлення текстових збігів, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

Апробація матеріалів дисертації.

Основні положення та результати досліджень доповідалися на наукових конференціях: I Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наука України – погляд молодих вчених крізь призму сучасності» (Черкаси, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції, присвяченій пам'яті професора В.М Шарапова «Датчики, прилади та системи» (Черкаси, 2017, 2018 рр.); XVII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобування: стан і перспективи» (Київ, 2018 р.), V International Scientific Conference «High Technologies. Business. Society» (Borovets, Bulgaria, 2020), VI International Scientific Congress «Innovations» (Varna, Bulgaria, 2020).

Зауваження щодо змісту дисертації.

1. В тексті дисертації не зазначені критерії, за якими обиралися зовнішні фактори впливу на санітарний стан дерева, тому не зрозуміло, чи були ці фактори обрані з огляду на їх найбільший вплив, чи існують інші фактори впливу, чи це взагалі єдині фактори, які можуть впливати на санітарний стан дерев. Наприклад, чи є сенс враховувати вологість ґрунту?

2. У таблиці на сторінці 72 наведено робочу матрицю експерименту та результати фізичних вимірювань, проте залишилося не розкритим питання, які контрольовані фактори X_1, X_2, X_3 відтворювалися у ході постановки експерименту та як саме вони контролювалися.

3. В п. 2.2.2.3 дисертації наведено вікна спеціалізованого додатку Fuzzy Logic Toolbox математичного процесору MatLab, де відбувалася побудова динамічної моделі методом нечіткої логіки, в тому числі вікна із сформованою базою правил, проте бажано б було детальніше описати процес формування зазначених правил, а також навести весь перелік правил, наприклад у додатках до дисертаційної роботи.

4. В п.2.4 наведено алгоритм побудови математичної моделі зонування деревних насаджень за санітарним станом на основі даних моніторингу на прикладі матриці 3×3 контрольних точок вимірювання, проте не зазначено рекомендацій чи обмежень щодо вибору відстані між контрольними точками.

5. В математичних моделях (2.16), (2.17), (2.18) доцільно було б не

враховувати складові з незначимими коефіцієнтами.

6. У п.3.1 описано технологію виготовлення та порядок проведення експерименту з використанням мікросенсору для визначення санітарного стану деревних насаджень, проте в тексті роботи не зазначено чи є конструктивні обмеження щодо застосування мікросенсору в залежності від пори року чи типу деревини. Доцільно було б отримати патент України на запропонований мікросенсор.

7. В додатку Є дисертаційної роботи наведено розрахунок похибок, проте залишилося не зрозумілим, яка методична похибка була закладена при переході на регресійну модель.

8. В додатках необхідно було б привести відомості про апробацію результатів дисертації.

9. В роботі є деякі порушення вимог при виконанні рисунків, наприклад рис. 1.2; 1.10; 2.14; 3.4; 4.8.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки. В дисертаційній роботі здобувачка досягла поставленої мети. Рукопис дисертації написаний з використанням фахової термінології. Для тексту характерна цілісність і смислова завершеність.

Дисертація є завершеним самостійним дослідженням, у якому розв'язується актуальна науково-практична задача підвищення точності та надійності моніторингу санітарного стану деревних насаджень шляхом розроблення методів та засобів визначення та прогнозування змін санітарного стану деревних насаджень лісових, садово-паркових і муніципальних зон.

За актуальністю обраної теми, обґрунтованістю наукових положень, сформульованих висновків і рекомендацій, їх новизною, повнотою викладення результатів в наукових публікаціях та відсутністю порушень академічної доброчесності дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167, а її авторка – Топтун Анна Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Офіційний опонент,завідувач
кафедри інтелектуальних вимірювальних
систем та інженерії якості Національного
аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського
«ХАІ», доктор технічних наук, професор, лауреат
Державної премії України в галузі науки і техніки М.Д. Кошовий

Підпис д.т.н., професора Кошового М.Д.
засвідчую.

Вчений секретар Ради університету,
канд. філос. наук, доцент С.Є. Чмихун